

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN ABU SAMPAH PEMBAKARAN
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT
HALUS TERHADAP KUAT TEKAN, KETAHANAN
AUS, DAN PENYERAPAN AIR *PAVING BLOCK*
(*THE UTILIZATION OF COMBUSTION WASTE ASH
AS A PARTIAL SUBSTITUTE FOR FINE AGGREGATE
AGAINST THE COMPRESSIVE STRENGTH, WEAR
RESISTANCE, AND WATER ABSORPTION OF
PAVING BLOCK*)**

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



**Firman Nur Rachman
20511111**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025**

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN ABU SAMPAH PEMBAKARAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN, KETAHANAN AUS, DAN PENYERAPAN AIR *PAVING BLOCK* (*THE UTILIZATION OF COMBUSTION WASTE ASH AS A PARTIAL SUBSTITUTE FOR FINE AGGREGATE AGAINST THE COMPRESSIVE STRENGTH, WEAR RESISTANCE, AND WATER ABSORPTION OF PAVING BLOCK*)

Disusun oleh

Firman Nur Rachman
20511111

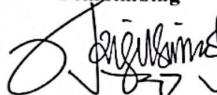
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji Pada Tanggal 12 Februari 2025
Oleh Dewan Penguji

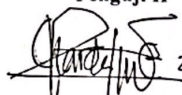
Penguji I

Penguji II

Pembimbing

 17/2/2025

 21/2/2025

 21.02.25.

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

Elvis Saputra. S.T., M.T.

Astriana Hardawati. S.T., M.Eng.

NIK: 185111304

NIK: 205111302

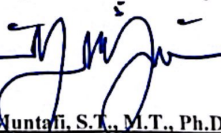
NIK: 165111301

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



U. Yunalis Muntali. S.T., M.T., Ph.D.Eng.

NIK: 095110101

 24/02/2025

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa laproran Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya saya pribadi.

Bagian-bagian tertentu dalam penulisan Laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari karya orang lain telah dicantumkan dalam sumbernya secara jelas, sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Jika dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan ini merupakan plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya peroleh sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 24 Februari 2025

Yang membuat pernyataan,



Firman Nur Rachman

(2051111)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Pemanfaatan Abu Pembakaran Sampah Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, dan Penyerapan Air Paving Block**. Shalawat dan salam senantiasa saya sampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini saya ajukan sebagai salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini melalui berbagai hambatan dan tantangan. Namun berkat saran, kritik, dan dorongan dari berbagai pihak, saya akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Pertama.
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Kedua.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Muhammad Mukhtasim dan Ibu Herlinawati selaku kedua orang yang telah memberikan dukungan spriritual maupun materi sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Prayoga Adi Nugraha, A.Md. Kom. dan Endah Puji Nastiti, AMD, Kep. selaku kakak saya yang telah memberi dukungan dukungan dan semangat.
7. Teman-teman saya keluarga cemara Tri Cahyo Waluyo, Muhammad Tri Rizki, Muhammad Angger Pangestu, Fika Lailatur Fajriyah, dan Ika Cahyani

mulyaningrum yang telah membantu, memberi semangat, dan menjadi tempat untuk mencurahkan pikiran.

8. Kepada teman-teman KSR yang telah memberikan semangat dan dukungan.
9. Kepada teman-teman yang telah membantu penulis.
10. Untuk Bapak Suluk dan Mas Andi selaku tenaga kerja yang telah membantu dalam pembuatan *paving block*.

Saya memohon maaf kepada pembaca jika terdapat kesalahan dalam penulisan yang tidak terjadi. Saya berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.
Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, Februari 2025
Penulis,

Firman Nur Rachman
(20511111)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.2.1 Pemanfaatan Limbah Abu Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan <i>Paving Block</i>	5
2.2.2 Analisis Pemanfaatan Sampah Anorganik dan Abu Sekam Sebagai Bahan <i>Paving Block</i> Terhadap Uji Kuat Tekan	6
2.2.3 Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Material Pengganti Pada Bata Beton Pejal	6
2.2.4 Pembuatan <i>Paving Block</i> Dari Campuran Limbah Abu Dan Sisa Pembakaran Sampah Domestik	7

2.2.5 Residu Pembakaran Sampah Plastik Dan Tekstil Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton	7
2.3 Perbandingan Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 <i>Paving Block</i>	10
3.2 Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	11
3.3.1 Semen <i>Portland</i>	11
3.3.2 Agregat Halus	12
3.3.3 Air	13
3.3.4 Bahan Tambah (Limbah Abu Sampah Pembakaran)	13
3.3 Pengujian Agregat Halus	15
3.3.1 Pengujian Modulus Halus Butir Pasir	15
3.3.2 Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Pasir	15
3.3.3 Pengujian Kandungan Lumpur	16
3.4 Pengujian <i>Paving Block</i>	16
3.4.1 Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	16
3.4.2 Uji Outlier	17
3.4.3 Ketahanan Aus	18
3.4.4 Penyerapan Air	19
BAB IV METODE PENELITIAN	20
4.1 Umum	20
4.2 Alat dan Bahan	21
4.2.1 Alat	21
4.2.2 Bahan Penyusun	27
4.3 Komposisi Benda Uji	29
4.4 Pelaksanaan Penelitian	30
4.4.1 Persiapan Bahan	30
4.4.2 Pencampuran Bahan	33
4.4.3 Pembuatan Benda Uji	33
4.4.4 Perawatan Benda Uji	34
4.4.5 Pemotongan Benda Uji	34

4.4.6 Pengujian Benda Uji	35
4.5 Diagram Alir Penelitian	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1 Tinjauan Umum	40
5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	40
5.2.1 Agregat Halus	40
5.2.2 Semen	46
5.2.3 Air	47
5.2.4 Abu Sampah Pembakaran	47
5.3 Perhitungan Campuran <i>Paving Block</i>	47
5.4 Hasil Pengujian <i>Paving Block</i>	49
5.4.1 Pengujian Kuat Tekan	49
5.4.2 Uji <i>Outlier</i>	59
5.4.3 Pengujian Ketahanan Aus	62
5.4.4 Pengujian Penyerapan Air	67
5.5 Pembahasan Keseluruhan	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	75
6.1 Kesimpulan	75
6.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian	8
Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisika	11
Tabel 3.2 Batas Gradasi Agregat Halus	12
Tabel 4.1 Jumlah Sampel Pengujian <i>Paving Block</i>	20
Tabel 4.2 Komposisi Benda Uji	29
Tabel 4.3 Ukuran Benda Uji	30
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus	41
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	44
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	44
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus	46
Tabel 5.5 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran	49
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Pemeriksaan Tebal <i>Paving Block</i> Variasi I	50
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Pemeriksaan Tebal <i>Paving Block</i> Variasi I	50
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan pemeriksaan Tebal <i>Paving Block</i> Variasi III	51
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Pemeriksaan Tebal <i>Paving Block</i> Variasi IV	51
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Pemeriksaan Tebal <i>Paving Block</i> Variasi V	52
Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi I	53
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi II	54
Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi III	54
Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi IV	55
Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi V	55
Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Kuat Tekan dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i>	57
Tabel 5.17 Analisis <i>Outlier</i> Variasi I <i>Paving Block</i>	59

Tabel 5.18 Analisis <i>Outlier</i> Variasi II <i>Paving Block</i>	60
Tabel 5.19 Analisis <i>Outlier</i> Variasi III <i>Paving Block</i>	60
Tabel 5.20 Analisis <i>Outlier</i> Variasi IV <i>Paving Block</i>	61
Tabel 5.21 Analisis <i>Outlier</i> Variasi V <i>Paving Block</i>	61
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Variasi I	63
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Variasi II	63
Tabel 5.24 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Variasi III	63
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Variasi IV	64
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Variasi V	64
Tabel 5.27 Hasil Rekapitulasi dan Klasifikasi Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	66
Tabel 5.28 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Variasi I	68
Tabel 5.29 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Variasi II	68
Tabel 5.30 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Variasi III	69
Tabel 5.31 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Variasi IV	69
Tabel 5.32 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Variasi V	69
Tabel 5.33 Hasil Rekapitulasi dan Klasifikasi Mutu Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	71
Tabel 5.34 Rekapitulasi Mutu <i>Paving Block</i>	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Abu Sampah Pembakaran di TPS Sendangtirto	14
Gambar 3.2 Abu Sampah Pembakaran yang Telah Disaring	14
Gambar 3.3 Pengujian Kuat Tekan	17
Gambar 3.4 Pengujian Katahanan Aus	18
Gambar 3.5 Pengujian Penyerapan Air	19
Gambar 4.1 Sendok Semen	21
Gambar 4.2 Timbangan Ketelitian 1 gram	21
Gambar 4.3 Sekop Pasir	22
Gambar 4.4 Saringan	22
Gambar 4.5 Ember	23
Gambar 4.6 Pan	23
Gambar 4.7 Papan Alas	24
Gambar 4.8 Oven	24
Gambar 4.9 Mesih Pengaduk (Mixer)	25
Gambar 4.10 Mesin Pemotong	25
Gambar 4.11 Mesih Pres Pencetak	26
Gambar 4.12 Mesin Uji Kuat Tekan	26
Gambar 4.13 Mesin Uji Ketahanan Aus	27
Gambar 4.14 Pasir	27
Gambar 4.15 Semen	28
Gambar 4.16 Air	28
Gambar 4.17 Abu Pembakaran Sampah	29
Gambar 4.18 Ukuran Kuat Tekan	34
Gambar 4.19 Ukuran Ketahanan Aus	35
Gambar 4.20 Ukuran Penyerapan Air	35
Gambar 4.21 Skema Kuat Tekan	36
Gambar 4.22 Skema Ketahanan Aus	37
Gambar 4.23 Skema Penyerapan Air	38

Gambar 4.24 <i>Flowchart</i> Penelitian	39
Gambar 5.1 Grafik Hasil Penyaringan Pasir Daerah II	43
Gambar 5.2 Grafik Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	56
Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	65
Gambar 5.4 Grafik Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	70
Gambar 5.5 Grafik Diagram Keseluruhan Pengujian <i>Paving Block</i>	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonan Penggunaan Laboratorium	80
Lampiran 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan	81
Lampiran 3 Hasil Pengujian Ketahanan Aus	84
Lampiran 4 Hasil Pengujian Penyerapan Air	86
Lampiran 5 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi	88
Lampiran 6 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium	89

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SNI	= Standar Nasional Indonesia
PIMVM	= Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi
MHB	= Modulus Halus Butir
TPS	= Tempat Pengelolaan Sampah
°C	= Derajat Celcius
Mpa	= Megapascal
cm	= Centimeter
kg	= Kilogram
mm	= Milimeter
FAS	= Faktor Air Semen
CI	= Klorida
σ	= Kuat tekan
P	= Beban tekan
A	= Luas bidang tekan
D	= Keausan
G	= Kehilangan berat/ lama pengausan
A	= Berat bata beton basah
B	= Berat bata beton kering
W_1	= Berat wadah
W_2	= Berat wadah yang berisi
W_3	= Berat pasir

ABSTRAK

Sampah merupakan masalah lingkungan yang saat ini sulit untuk ditangani. Jumlah sampah terus bertambah dengan seiring meningkatnya kebutuhan manusia dan pertambahan penduduk. Untuk meminimalisir penumpukan sampah dapat dilakukan dengan cara pembakaran menggunakan insinerator pembakar sampah. Perlu dilakukan pengolahan atau pemanfaatan abu pembakaran sampah supaya limbah tersebut dapat berkurang. Abu pembakaran sampah dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian pasir pada *paving block*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan memanfaatkan abu pembakaran sampah terhadap *paving block*.

Penelitian ini menggunakan bahan abu pembakaran sampah pengganti sebagian pasir yang menggunakan komposisi campuran antara semen dan pasir adalah 1pc : 6s. dengan kadar presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat pasir. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari setelah dilakukan perawatan *paving block*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, dan pengujian penyerapan air.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai optimum diperoleh pada variasi presentase 10% abu pembakaran sampah menunjukan nilai kuat tekan tertinggi 13,588 Mpa dari *paving block* normal yang termasuk klasifikasi mutu D dan nilai penyerapan air sebesar 8,236% yang termasuk mutu C. Namun nilai ketahanan aus pada 0,236 mm/menit yang masuk kedalam klasifikasi mutu D sebagai area taman. Hal ini menunjukan penambahan abu pembakaran sampah untuk campuran *paving block* meningkatkan nilai kuat tekan dan dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti pasir.

Kata Kunci: *Paving Block*, Abu Pembakaran Sampah, Pengujian *Paving Block*

ABSTRACT

Waste is an environmental problem that is currently difficult to deal with. The amount of waste continues to grow as human needs and population increase. To minimize the accumulation of waste can be done by burning using a waste incinerator. It is necessary to process or utilize the ash of burning garbage so that the waste can be reduced. Ash from burning garbage can be used as a substitute for sand in paving blocks. The purpose of this research is to find out and utilize waste combustion ash for paving blocks.

This research uses waste combustion ash as a partial sand replacement material using a mixture composition between cement and sand is 1pc: 6s. with percentage levels of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% of the weight of sand. Testing was carried out at the age of 28 days after paving block treatment. The tests carried out are compressive strength testing, wear resistance testing, and water absorption testing.

Based on the test results, the optimum value was obtained in the 10% variation of waste combustion ash percentage which showed the highest compressive strength value of 13.588 Mpa from normal paving blocks which included quality classification D and a water absorption value of 8.236% which included quality C. However, the wear resistance value was 0.236 mm/min which was included in quality classification D as a garden area. This shows that the addition of waste combustion ash to the paving block mixture increases the compressive strength value and can be used as an alternative material to replace sand.

Keywords: *Paving Block, Waste Incineration Ash, Paving Block Testing*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan masalah lingkungan yang saat ini sulit untuk ditangani. Jumlah sampah terus bertambah dengan seiring meningkatnya kebutuhan manusia dan pertambahan jumlah penduduk. Berbagai dampak negatif yang ditimbulkan oleh sampah, mulai dari bencana hingga penyakit. Dampak tersebut semakin terasa ketika proses pengolahan sampah tidak dilakukan dengan optimal, sementara jumlah sampah terus meningkat.

Untuk mengurangi penumpukan sampah dapat dilakukan dengan cara pembakaran menggunakan *insinerator* pembakar sampah. Pembakaran sampah dengan cara dibakar dengan suhu tinggi akan mengubah sampah menjadi abu dan gas sisa proses pembakaran. Abu hasil pembakaran tersebut tidak dapat langsung dibuang karena masih mengandung partikel berbahaya yang tersisa sehingga menjadi menumpuk. Penumpukan abu sampah pembakaran jika dibiarkan akan menyebabkan pencemaran udara apabila terkena angin dan menyebar yang dapat mengakibatkan masalah kesehatan jika terhirup oleh manusia dengan jumlah yang banyak. Perlu dilakukan pengolahan atau pemanfaatan abu pembakaran sampah supaya limbah abu sampah dapat berkurang.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *Paving block* adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis lainnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak memengaruhi kualitas beton tersebut. *Paving block* biasanya dipakai untuk penutup atau pengerasan pada permukaan tanah terutama pada pengerasan jalan, trotoar, taman, penggunaan pada jalan di daerah pemukiman atau perumahan, dan lain-lain. Proses pemasangan dan perawatan yang mudah dan tersedia dalam berbagai bentuk, sehingga membuat banyak digemari oleh konsumen.

Bahan utama dalam pembuatan *paving block* salah satunya adalah pasir. Meningkatnya permintaan pasir akan menyebabkan kenaikan harga pasir terutama

di perkotaan. Untuk mengurangi pemakaian berlebihan terhadap pasir, maka perlu mencari bahan alternatif pengganti yang lebih murah tanpa mengurangi mutu *paving block*. Salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan pasir adalah menggunakan abu sisa pembakaran sampah yang dapat dijadikan sebagai pengganti sebagian pasir dalam pembuatan *paving block*.

Pemanfaatan abu pembakaran sampah dapat mengurangi ketergantungan pada pemakaian agregat halus. Abu sampah pembakaran memiliki kesamaan karakteristik dengan pasir, terutama dari segi ukuran partikel yaitu butiran halus yang dapat disaring untuk mencapai keseragaman dengan cara melalui proses pengayakan (Desi Putri dkk, 2019). Abu pembakaran sampah yang berasal dari sampah nonorganik yang berasal dari plastik, kertas, kardus, kaleng, dan sampah kering lainnya yang tidak bisa terurai secara alami. Limbah abu dapat dimanfaatkan sebagai substitusi atau sebagai pengganti pasir dalam campuran bahan penyusun *paving block*. Pada penelitian sebelumnya oleh Putri & Kinasti (2019) melakukan penelitian bahwa penggunaan limbah abu pembakaran sampah sebagai substitusi pasir sebesar 10% terhadap berat pasir didapatkan hasil kuat tekan *paving block* sebesar 17 MPa yang dimana *paving block* tersebut termasuk dalam mutu B.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian *paving block* dengan penambahan abu sisa pembakaran sampah non organik sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan memakai variasi abu pembakaran sampah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kualitas *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Selain mengurangi ketergantungan terhadap pasir, pemanfaatan abu sampah pembakaran juga dapat mengurangi volume limbah abu yang dapat berdampak terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu sampah pembakaran sebagai pengganti sebagian pasir terhadap nilai kuat tekan pada *paving block*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan abu sampah pembakaran sebagai pengganti sebagian pasir terhadap nilai ketahanan aus pada *paving block*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan abu sampah pembakaran sebagai pengganti sebagian pasir terhadap nilai penyerapan air pada *paving block*?
4. Apakah klasifikasi mutu terbaik yang dapat dicapai dari pengganti sebagian pasir dengan abu sampah pembakaran pada *paving block* memenuhi klasifikasi mutu SNI 03-0691-1996?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh penambahan abu sampah pembakaran sebagai pengganti sebagian pasir pada *paving block* terhadap nilai kuat tekan.
2. Mengetahui pengaruh penambahan abu sampah pembakaran sebagai pengganti sebagian pasir pada *paving block* terhadap nilai ketahanan aus.
3. Mengetahui pengaruh penambahan abu sampah pembakaran sebagai pengganti sebagian pasir pada *paving block* terhadap nilai penyerapan air.
4. Mendapatkan klasifikasi mutu terbaik yang dapat dicapai dari penggantian sebagian pasir dengan abu sampah pembakaran pada *paving block* memenuhi klasifikasi mutu SNI 03-0691-1996.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan manfaat berikut:

1. Mengurangi limbah abu sampah pembakaran yang menumpuk di TPS.
2. Memanfaatkan limbah abu sampah pembakaran yang tidak digunakan untuk material pembuatan *paving block*.

1.5 Batasan Penelitian

Pembahasan dalam proposal tugas akhir ini memiliki beberapa batasan dalam penelitian sebagai berikut.

1. Menggunakan *portland cement composite* dengan merk Tiga Roda.
2. Pasir yang digunakan berasal dari Gunung Merapi.
3. Pembuatan sampel *paving block* dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia (PIMVM UII).
4. Penelitian terbatas pada pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air dan proses pengujian dilakukan pada *paving block* berumur 28 hari.
5. Abu pembakaran sampah yang digunakan adalah hasil dari pembakaran jenis sampah non organik yang diambil dari TPS Sendangtirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
6. Abu pembakaran sampah yang digunakan merupakan abu yang lolos saringan ukuran 1,2.
7. Jumlah benda uji sebanyak 100 dengan rincian 20 sampel untuk setiap variasi.
8. Perbandingan volume semen dan pasir yang digunakan adalah 1pc: 6s dengan variasi abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian pasir yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.
9. Dimensi benda uji adalah 20 cm x 10 cm x 6 cm dengan bentuk persegi.
10. Indikator yang akan diuji pada penelitian ini adalah uji tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air *paving block*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu (SNI 03-0691-1996). *Paving block* biasanya digunakan untuk penutup atau pengerasan pada permukaan tanah terutama pada pengerasan jalan, trotoar, taman, penggunaan pada jalan di daerah pemukiman atau perumahan, dan lain-lain.

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Pemanfaatan Limbah Abu Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan *Paving Block*

(Putri & Kinasti, 2019) melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Limbah Abu Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan *Paving Block*” dimana penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan dengan di substitusi abu pembakaran sampah pada variasi perbandingan 1:5 dengan material semen dan pasir. Pada penelitian ini menggunakan presentase substitusi abu pembakaran sampah presentase 0%, 10%, 20% dan 30% terhadap pasir dan pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Dari hasil penelitian dengan adanya substitusi abu pembakaran sampah akan berpengaruh pada nilai kuat tekan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan peningkatan kuat tekan terbesar menggunakan campuran abu pembakaran sampah non organik berada pada presentase abu 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 17 MPa dan terjadi penurunan kuat tekan pada *paving block* dengan persentase abu 30% sebesar 11 MPa.

2.2.2 Analisis Pemanfaatan Sampah Anorganik dan Abu Sekam Sebagai Bahan *Paving Block* Terhadap Uji Kuat Tekan

(Hartati, 2021) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Pemanfaatan Sampah Anorganik dan Abu Sekam Sebagai Bahan *Paving Block* Terhadap Uji Kuat Tekan” yang bertujuan untuk mengetahui mengetahui kuat tekan yang dihasilkan dari berbagai variasi campuran dengan menggunakan sampah anorganik dan abu sekam Variasi komposisi campuran abu sampah sebesar 100% dan abu sekam 0%, 25%, 50%, dan 75%. Dan benda uji berupa *paving block* berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm serta pengujian sampel dilakukan pada umur 14 hari. Dari hasil penelitian dengan dimanfaatkanya sampah anorganik dan abu sekam menunjukkan bahwa penggunaan sampah anorganik dan abu sekam pada *paving block* dapat meningkatkan kuat tekan *paving block*. Pemakaian abu sekam hingga 75% dengan nilai dengan kuat tekan 34,57 Kg/cm² dalam campuran dapat menghasilkan *paving block* dengan kuat tekan optimal.

2.2.3 Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Material Pengganti Pada Bata Beton Pejal

Putri et al., (2019) melakukan penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Material Pengganti Pada Bata Beton Pejal”, yang bertujuan mengevaluasi pengaruh pemakaian limbah tersebut terhadap kuat tekan dan daya serap air dari bata beton pejal dengan variasi campuran limbah abu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% terhadap pasir. Pengujian dilaksanakan pada 7, 14, 21, dan 28 hari dengan ukuran benda uji beton pejal berukuran 40 x 20 x 10 cm. Dari hasil penelitian menunjukkan tersebut dapat digunakan sebagai pengganti pasir pada bata beton pejal dengan kuat tekan optimum terdapat pada variasi 10% limbah abu sisa pembakaran sampah. Pengujian daya serap air pada bata beton pejal yang telah berumur 28 hari terdapat pada campuran 50%.

2.2.4 Pembuatan *Paving Block* Dari Campuran Limbah Abu Dan Sisa Pembakaran Sampah Domestik

Rosariawari (2019) melakukan penelitian yang berjudul “Pembuatan *Paving Block* Dari Campuran Limbah Abu Dan Sisa Pembakaran Sampah Domestik” dimana pada penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan pemakaian abu terbang dan mempertimbangkan penggunaan abu dasar sebagai bahan alternatif pada *paving block* dengan variasi FAS 0,3 : 0,3 : 0,4 dan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari. Ukuran benda uji *paving block* ukuran 20 x 10 x 6 cm. Hasil penelitian menghasilkan bahwa penambahan abu terbang berfungsi sebagai pencampur bahan pembuatan *paving block* yang baik pada komposisi K5 (FAS 0,3). Penambahan abu terbang juga meningkatkan nilai kuat tekan *paving block*.

2.2.5 Residu Pembakaran Sampah Plastik Dan Tekstil Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton

(Suryan et al., 2024) melakukan penelitian berjudul “Residu Pembakaran Sampah Plastik Dan Tekstil Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton”. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh dengan ditambah limbah plastik dalam campuran beton terhadap sifat mekanik beton dimana residu penambahan pembakaran sampah menggunakan 4 variasi campuran yaitu 0, 5, 10, dan 20% dan benda uji berbentuk kubus berukuran 150 x 150 x 150 mm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7 hari dan 28 hari. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan residu sampah plastik hingga 5% masih memenuhi standar mutu beton normal yang masuk kriteria mutu beton normal sebesar f'_c 20 MPa, namun penambahan hingga 10% dan 20% mengalami penurunan signifikan dalam kuat tekan beton. Hasil pengujian kekuatan tekan beton pada umur 28 hari untuk semua variasi campuran adalah 23,77 MPa, 23,15 MPa, 19,47 MPa, dan 17,77 MPa.

2.3 Perbandingan Penelitian

Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian penulis dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

Penelitian Sebelumnya						Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Desi Putri, dkk (2019)	Hartati (2021)	Putri, dkk (2019)	Rosariawari (2019)	Suryan (2024)	Firman Nur Rachman (2024)
Judul	Pemanfaatan Limbah Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan <i>Paving Block</i>	Analisis Pemanfaatan Sampah Anorganik dan Abu Sekam Sebagai Bahan <i>Paving Block</i> Terhadap Uji Kuat Tekan	Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Material Pengganti Pada Bata Beton Pejal	Pembuatan <i>Paving Block</i> Dari Campuran Limbah Abu Dan Sisa Pembakaran Sampah Domestik	Residu Pembakaran Sampah Plastik Dan Tekstil Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton	Pemanfaatan Abu Sampah Pembakaran Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan <i>Paving Block</i>
Tujuan	Mengetahui kekuatan tekan <i>paving block</i> bila pasirnya digantikan dengan limbah abu pembakaran sampah non organik menggunakan variasi presentase.	Mengetahui kuat tekan yang dihasilkan dari masing-masing variasi campuran dan Mengetahui penggunaan sampah anorganik dan abu sekam yang optimum sehingga menghasilkan kuat tekan maksimum.	Pemanfaatan limbah abu sisa pembakaran sampah non organik, serta untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan limbah abu tersebut terhadap kuat tekan dan daya serap air dari bata beton pejal.	Mengembangkan penggunaan abu terbang dan mempertimbangkan abu dasar sebagai bahan pencampur alternatif dalam pembuatan <i>paving block</i> dan menguji kuat tekan <i>paving block</i> dengan campuran abu.	Untuk mengevaluasi pengaruh dengan ditambahnya limbah plastik dalam campuran beton terhadap sifat mekanik beton	Mengetahui pengaruh penambahan abu pembakaran sampah dan untuk mengetahui klasifikasi mutu terbaik yang yang dapat dicapai dari penggantian sebagian pasir dengan abu pembakaran sampah pada <i>paving block</i> .

Sumber : Desi Putri, dkk (2019), Desi Putri, dkk (2019), Delta P, dkk (2019), Atep Maskur (2021), dan Suryan, dkk (2024)

Lanjutan 2.1 Tabel Perbandingan Penelitian

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilaksanakan
Peneliti	Desi Putri, dkk (2019)	Hartati (2021)	Putri, dkk (2019)	Detta P, dkk (2019)	Suryan (2024)	Firman Nur Rachman (2024)
Hasil Penelitian	Kenaikan kuat tekan terbesar berada pada presentase abu 10% dan terjadi penurunan kuat tekan pada <i>paving block</i> dengan persentase abu 30%.	Menunjukkan bahwa penggunaan sampah anorganik dan abu sekam dalam pembuatan paving block dapat meningkatkan kuat tekan <i>paving block</i> . Penggunaan abu sekam hingga 75% dalam campuran dapat menghasilkan <i>paving block</i> dengan kuat tekan optimal.	Menunjukkan bahwa penambahan abu pembakaran sampah dapat meningkatkan nilai kuat tekan optimum pada campuran 10%. Abu pembakaran sampah dapat digunakan sebagai substitusi pasir pada baeton pejal dan termasuk dalam kategori mutu III dan IV.	Menunjukkan bahwa penambahan abu terbang sebagai pencampur bahan pembuatan <i>paving block</i> yang baik pada komposisi K5 (FAS 0,3). Pengaruh penambahan abu terbang juga meningkatkan nilai kuat tekan pada <i>paving block</i> .	Menunjukkan bahwa penambahan residu sampah plastik hingga 5% masih memenuhi standar mutu beton normal, namun penambahan hingga 10% dan 20% mengalami penurunan signifikan dalam kuat tekan beton.	

Sumber : Desi Putri, dkk (2019), Desi Putri, dkk (2019), Detta P, dkk (2019), Atep Maskur (2021), dan Suryan, dkk (2024)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

Menurut Badan Standarisasi Nasional, *paving block* adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenis, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak mempengaruhi kualitas bata beton itu. *Paving block* memiliki banyak fungsi terutama untuk pengerasan permukaan tanah. Fungsi *paving block* yang berbeda beda tergantung pada mutunya.

Pada (SNI 03-0691, 1996), *paving block* diklasifikasikan berdasarkan mutu dan penggunaannya.

1. Mutu A : digunakan untuk jalan.
2. Mutu B : digunakan untuk peralatan parkir.
3. Mutu C : digunakan untuk pejalan kaki.
4. Mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

Klasifikasi mutu *paving block* dibedakan berdasarkan 3 syarat yaitu pertama sifat tampak dimana bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak serta cacat, pada bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dipecah dengan tangan, kedua ukuran dimana bata beton harus mempunyai ukuran tebal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$, dan yang ketiga sifat fisika dimana mutu beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air yang telah ditetapkan pada SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisika

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

Sumber: SNI 03-0691-1996

3.2 Bahan Penyusun *Paving Block*

3.3.1 Semen *Portland*

Terdapat beberapa jenis semen yang tersedia di pasaran, namun yang paling umum digunakan yaitu semen jenis *portland*. Menurut (SNI 15-2049-2004), semen *portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling terak semen *portland* yang terdiri dari kalsium silikat bersifat hidrolis dan digiling bersama dengan bahan tambahan yaitu satu atau lebih senyawa kristal kalsium sulfat yang dapat ditambahkan dengan bahan lain. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat antara agregat halus dan air dalam campuran beton yang membuat beton menjadi kuat dan padat.

Jenis *portland* dibagi menjadi 5 jenis dan penggunaan semen sesuai (SNI 15-2049-2004) berikut.

1. Jenis I: Semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang dibutuhkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II: Semen *portland* yang penggunaan memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau memiliki kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III: Semen *portland* yang digunakan untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan tinggi pada tahap awal setelah pengikatan.
4. Jenis IV: Semen *portland* yang digunakan untuk aplikasi yang memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V: Semen *portland* yang digunakan untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.3.2 Agregat Halus

Berdasarkan (SNI 03-2834-2000), agregat halus merupakan agregat yang memiliki ukuran besar butir maksimum 5,0 mm. Agregat halus umumnya yaitu berupa pasir yang berasal dari alam maupun pasir yang dihasilkan dari olahan seperti industri pemecah batu (*stone crusher*). Pasir dipakai sebagai bahan pengisi (*filler*) yang berfungsi meningkatkan kekuatan dan mengurangi penyusutan pada campuran beton.

Menurut (Tjokrodinuljo, (1992), pasir dibagi menjadi 3 golongan yaitu:

1. Pasir galian: Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, memiliki pori-pori, dan tidak mengandung garam.
2. Pasir sungai: Pasir yang diambil langsung dari dasar sungai, umumnya berbutir halus dan bulat karena proses gesekan. Daya lekat antar butir berkurang, sehingga cocok untuk digunakan memplester tembok.
3. Pasir laut: Pasir yang diambil dari pantai dengan butirannya halus dan bulat akibat gesekan. Pasir ini mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dan udara, sehingga tidak cocok digunakan sebagai bahan bangunan.

Klasifikasi kekasaran butiran pasir dibagi menjadi empat zona berdasarkan (SK SNI T-15-1990-03) yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang (mm)	% Berat Butir Lolos			
	Daerah 1 Pasir Kasar	Daerah 2 Pasir Agak Kasar	Daerah 3 Pasir Agak Halus	Daerah 4 Pasir Halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SK SNI T-15-1990-03

3.3.3 Air

Air merupakan salah satu bahan dasar yang penting dalam pembuatan beton. Air dalam campuran beton diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta berperan sebagai pengikat antar butir agregat sehingga campuran beton mudah untuk dikerjakan serta dipadatkan. Proses pengikatan antara butir agregat dengan semen dimulai beberapa menit setelah pencampuran yang dikenal istilah *initial set* (pengikatan awal). Waktu pengikatan adalah periode mulai dari semen yang mengikat setelah bersentuhan dengan air hingga adukan semen mencapai kekentalan yang tidak memungkinkan lagi untuk diproses lebih lanjut. Untuk memicu reaksi antara semen dan air, diperlukan sekitar 25% dari berat semen. Tetapi dalam kenyataannya nilai Faktor Air Semen (FAS) yang kurang dari 0,35 akan sulit untuk memicu reaksi kimiawi semen dalam campuran beton (Tjokrodimulyo, 1992).

Persyaratan air untuk campuran beton menurut (SNI 03-6861.1, 2002) sebagai berikut.

1. Air yang digunakan harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik dsb) lebih dari 15 gram/liter.
4. Kandungan klorida (CI) < 0,50 gram/liter dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
5. Penurunan kuat tekan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak boleh lebih dari 10%.

3.3.4 Bahan Tambah (Limbah Abu Sampah Pembakaran)

Pada penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan *paving block* yang mutu terbaik dengan mengganti sebagian bahan lain menggunakan limbah abu pembakaran sampah yang mengganti sebagian agregat halus. Abu sampah pembakaran merupakan residu atau sisa hasil dari sampah yang di bakar menggunakan alat *insinerator*. Pembakaran dilakukan pada suhu tinggi yang akan

mengubah sampah menjadi abu. Limbah abu didapatkan dari TPS yang dimana pengolahan sampahnya dengan cara dibakar. Abu sampah ini menjadi limbah yang dimana masih dibiarkan menumpuk.

Penggunaan abu pembakaran sampah sebagai pengganti subsitusi pasir didasarkan pada penelitian terdahulu yang dimana pemakaian abu ini sebagai pengganti pasir dapat berpengaruh lebih baik pada *paving block*. Oleh karena itu, pemakaian abu pada *paving block* diharapkan dapat meningkatkan mutu sehingga dapat menghasilkan lebih baik dari *paving block* normal dan mengurangi limbah abu sampah yang menumpuk tidak terpakai dan mengurangi pemakaian pasir berlebihan. Gambar abu pembakaran sampah dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Abu Sampah Pembakaran di TPS Sendangtirto



Gambar 3.2 Abu Sampah Pembakaran yang Telah Disaring

3.3 Pengujian Agregat Halus

Salah satu bahan penyusun *paving block* yaitu pasir. Pasir tersebut memerlukan beberapa uji yaitu pengujian MHB, pengujian berat volume pasir gembur dan padat, dan kandungan lumpur pada pasir.

3.3.1 Pengujian Modulus Halus Butir Pasir

Pengujian analisis saringan atau modulus halus butir bertujuan untuk mengetahui gradasi pasir dan mendapatkan pasir yang akan digunakan dalam campuran. Pengujian ini menggunakan saringan dengan lubang terbesar (9,52 mm) hingga lubang terkecil (0,15 mm) yang diayak memakai mesin selama 15 menit. Setelah itu, berat pasir yang tertahan pada setiap ukuran saringan dihitung presentase kumulatif butiran pasir yang lolos tiap ukuran. Perhitungan modulus halus butir pasir dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \quad (3.1)$$

3.3.2 Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Pasir

Pengujian berat volume dilakukan pada dua kondisi pasir gembur dan pasir padat. Tujuan dari pengujian ini untuk memperhitungkan takaran pasir yang akan digunakan dalam perbandingan campuran pada saat pencampuran bahan *paving block*. Perbedaan pengujian dalam 2 kondisi itu yaitu pada kondisi pasir padat dilakukan penumbukan setiap 1/3 bagian sebanyak 25 kali sedangkan kondisi pasir gembur tidak dilakukan penumbukan. Setelah didapatkan berat wadah (W1) dan berat wadah berisi pasir (W2) dilakukan perhitungan dengan rumus, $W3 = W2 - W1$. Kemudian menghitung berat volume gembur dan padat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Berat volume} = \frac{W3}{V} \quad (3.2)$$

Dengan:

W3 = Berat pasir (gram)

V = Volume wadah (cm³)

3.3.3 Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengukur kandungan jumlah lumpur berada dalam pasir dengan menggunakan saringan nomor 200 yang diari aliran air diatasnya. Setelah didapatkan berat pasir oven (W_1) dan berat pasir kering oven yang dicuci (W_3) dapat dilakukan perhitungan kandungan lumpur dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dengan:

W_1 = Berat pasir sebelum dicuci (gram)

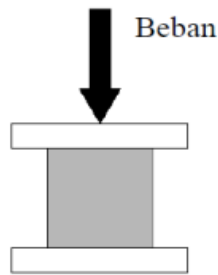
W_2 = Berat pasir setelah dicuci (gram)

3.4 Pengujian *Paving Block*

Berdasarkan (SNI 03-0691, 1996), pengujian *paving block* dapat dilakukan beberapa parameter pengujian seperti kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui mutu dari *paving block* sehingga menghasilkan mutu *paving block* yang sesuai yang diinginkan. Berikut penjelasan mengenai pengujian yang dilakukan pada *paving block*.

3.4.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan merupakan beban maksimal yang mampu ditahan oleh benda uji pada luas permukaan benda uji hingga benda uji tersebut rusak. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai maksimum kuat tekan yang ditekan oleh mesin tekan, yang ditandai ketika jarum penunjuk beban mulai menunjukkan penurunan. Berikut skema pengujian kuat tekan yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pengujian Kuat Tekan

Perhitungan kuat tekan dapat menggunakan persamaan berdasarkan SNI 03-0691-1996 yaitu:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.4)$$

Dengan:

σ = Kuat tekan (N/mm²)

P = Beban tekan (N)

A = Luas bidang tekan (mm²)

3.4.2 Uji Outlier

Outlier merupakan kondisi pengamatan suatu data dengan karakteristik yang berbeda yang relatif signifikan dengan data lainnya. Jika terdapat outlier maka data tersebut tidak dapat digunakan pada analisis. Metode yang digunakan untuk mendeteksi outlier dalam pengujian *paving block* adalah dengan melihat Z score atau nilai standar baku. Nilai Zs score atau nilai baku kurang dari -3 atau lebih dari +3 maka bisa dikategorikan menjadi data *outlier*. Rumus perhitungan uji *outlier* sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.5)$$

$$S. \text{ Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{x})^2}{n}} \quad (3.6)$$

$$Z = \frac{\bar{x}}{S. \text{ Deviasi}} \quad (3.7)$$

Dengan:

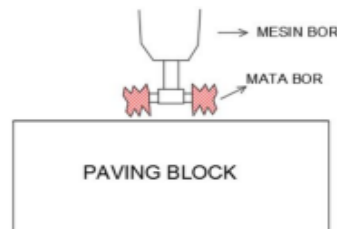
$\bar{x}$ = Rata-rata dari seluruh data

n = Jumlah

3.4.3 Ketahanan Aus

Ketahanan aus merupakan pengujian yang dilakukan pada *paving block* dimana kemampuan benda uji untuk dapat menahan gaya gesek secara terus-menerus yang mengakibatkan permukaan semakin menipis. Pengujian ini sangat dipertimbangkan, karena gesekan sering terjadi pada perkerasan jalan maka pengujian ketahanan aus merupakan aspek yang penting untuk diperhatikan.

Pengujian ketahanan aus dilakukan dengan cara menggosok permukaan benda uji secara terus menerus dengan kecepatan yang sudah diatur selama lima menit. Semakin kecil nilai keausan yang dihasilkan, maka semakin baik kualitas benda uji. Sebaliknya, semakin besar nilai keausan, maka kualitas benda uji semakin jelek. Pengujian ketahanan aus dapat dilihat pada skema Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pengujian Katahanan Aus

Untuk mengetahui nilai ketahanan aus pada *paving block* menggunakan rumus sebagai berikut.

$$D = 1,26 G + 0,0246 \quad (3.8)$$

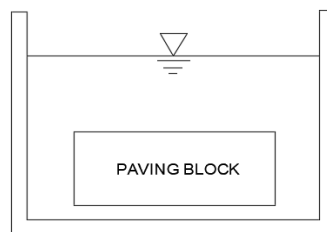
Dengan:

D = Keausan (mm/menit)

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

3.4.4 Penyerapan Air

Penyerapan air *paving block* merupakan presentase berat air yang dapat diserap melalui pori-pori. Pengujian ini dilakukan dengan merendam utuh *paving block* selama 24. Setelah 24 jam direndam kemudian *paving block* diangkat dan didiamkan sebentar lalu ditimbang sebagai berat basah. Selanjutnya *paving block* dikeringkan menggunakan mesin oven, atur suhu oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Setelah 24 jam, ditimbang kembali sebagai berat kering. Hasil pengujian ini didapatkan dengan membandingkan berat pada kondisi basah dan kondisi kering. Semakin kecil nilai yang diperoleh, maka semakin bagus kualitas *paving block*. Untuk skema pengujian penyerapan air yang dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pengujian Penyerapan Air

Berikut perhitungan nilai daya serap air berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada rumus berikut ini.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (3.8)$$

Dengan:

A = Berat bata beton basah (gram)

B = Berat bata beton kering (gram)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian merupakan pendekatan yang digunakan untuk memperoleh hasil rasional dari penelitian yang dilakukan. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan ialah eksperimen dimana dilakukan penelitian pada *paving block* yang memakai bahan pengganti abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian agregat halus pada presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat agregat halus. Penelitian dilakukan PIMVM UII untuk pembuatan benda uji dan Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil sebagai tempat pengujian *paving block*. Benda uji yang digunakan berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Jumlah benda uji dan pengujiannya yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Pengujian *Paving Block*

Variasi	Presentase Abu Pembakaran Sampah (%)	Jumlah Sampel Benda Uji Pengujian		
		Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
I	0	10	5	5
II	5	10	5	5
III	10	10	5	5
IV	15	10	5	5
V	20	10	5	5

Setelah pengujian *paving block* dilakukan dan hasil kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air diperoleh, data yang didapatkan dari pengujian selanjutnya dihitung menggunakan rumus persamaan. Hasil perhitungan tersebut kemudian disimpulkan dengan mengikuti prosedur pengujian mutu sesuai dengan spesifikasi tercantum pada SNI 03-0691-1996

4.2 Alat dan Bahan

4.2.1 Alat

Dalam pelaksanaan penelitian membutuhkan bantuan alat-alat kerja yang perlu dipersiapkan dan alat yang digunakan dalam pengujian. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Sendok Semen

Cetok merupakan alat yang dipakai untuk memindahkan campuran *paving block*, serta menggabungkan bahan ke dalam cetakan. Berikut merupakan gambar sendok semen atau cetok yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Sendok Semen

2. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang detail berat benda berupa bahan penyusun *paving block* dengan tingkat ketelitian 1 gram. Berikut adalah gambar dari timbangan yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Timbangan Ketelitian 1 gram

3. Sekop Pasir

Sekop pasir digunakan untuk mengambil atau memindahkan pasir sebagai bahan campuran benda uji. Gambar sekop pasir dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Sekop Pasir

4. Saringan Agregat Halus

Saringan agregat halus digunakan untuk memisahkan material antara agregat halus dengan batu yang menggunakan saringan agregat berdiameter 4,75 mm. Gambar saringan dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Saringan

5. Ember

Ember digunakan untuk menampung bahan-bahan yang telah dipersiapkan sebelumnya seperti agregat halus, semen *portland*, dan air. Gambar ember yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Ember

6. Pan

Pan digunakan untuk sebagai alas meletakkan agregat halus yang akan atau sesudah pengujian propertis pasir. Gambar pan yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Pan

7. Papan Alas Kayu

Papan alas digunakan untuk tempat meletakkan benda uji yang telah dicetak dan satu papan dapat diletakkan benda uji 12 buah. Gambar papan alas kayu yang dapat dilihat pada Gambar 4.7 sebagai berikut.



Gambar 4.7 Papan Alas

8. Oven

Oven merupakan mesin yang digunakan untuk memanaskan dan mengeringkan benda uji pada pengujian penyerapan air. Berikut merupakan gambar oven yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Oven

9. Mesin Pengaduk (*Mixer*)

Mesin pengaduk atau mixer digunakan untuk mencampur bahan penyusun *paving block* agar semua bahan menjadi tercampur dengan rata. Berikut

merupakan gambar mesin pengaduk yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 4.9 Mesih Pengaduk (*Mixer*)

10. Mesing Pemotong *Paving Block*

Mesin pemotong ini digunakan untuk memotong benda uji *paving block* dari ukuran semula menjadi potongan ukuran untuk pengujian kuat tekan dan ketahanan aus. Berikut merupakan gambar mesin pemotong *paving block* yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Mesin Pemotong

11. Mesin Pres Pencetak

Mesin pres merupakan alat untuk mencetak dan memadatkan benda uji *paving* yang berbentuk persegi. Berikut merupakan gambar mesin pres pencetak yang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Mesih Pres Pencetak

12. Alat Uji Tekan *Paving Block*

Alat uji tekan digunakan untuk mendapatkan nilai maksimum kuat tekan yang ditekan oleh mesin tekan yang mampu ditahan benda uji dalam satuan luasan bidang benda uji hingga benda uji hancur. Berikut merupakan gambar mesin kuat tekan yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.12 Mesin Uji Kuat Tekan

13. Alat Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Alat ini digunakan pada pengujian ketahanan aus untuk menghitung kemampuan benda uji dalam menahan gaya gesek secara terus menerus. Gambar alat ketahanan aus yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Mesin Uji Ketahanan Aus

4.2.2 Bahan Penyusun

Sebelum melakukan penelitian, bahan-bahan penyusun yang akan digunakan pada pembuatan benda uji *paving block* dipersiapkan. Berikut merupakan bahan penyusun yang digunakan.

1. Pasir

Pasir yang dipakai pada penelitian menggunakan pasir dari berasal Gunung Merapi yang lolos saringan pasir yang berdiameter 4,75 mm. Gambar agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.14 sebagai berikut.



Gambar 4.14 Pasir

2. Semen

Semen yang digunakan merupakan semen portland bermerk Tiga Roda. Semen ditakar dan diambil sesuai dengan takaran untuk setiap variasi. Berikut merupakan gambar semen merk Tiga Roda dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Semen

3. Air

Air yang digunakan bersumber dari sumur yang berada di PIMVM UII. Gambar air dapat dilihat pada Gambar 4.16 sebagai berikut.



Gambar 4.16 Air

4. Abu Pembakaran Sampah

Abu sampah pembakaran yang dipakai diambil dari TPS di Desa Sendangtirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Abu pembakaran sampah yang digunakan merupakan abu yang lolos saringan

ukuran 1,2 untuk mendapatkan abu yang sesuai. Berikut merupakan gambar abu pembakaran sampah yang dapat dilihat pada Gambar 4.17 sebagai berikut.



Gambar 4.17 Abu Pembakaran Sampah

4.3 Komposisi Benda Uji

Penelitian ini memakai komposisi campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1pc : 6s, ditambah dengan abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian pasir presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat pasir. Pembuatan benda uji *paving block* menggunakan alat pres pencetak dan pemotongan benda uji sesuai dilakukan sesuai dengan dalam SNI 103-1691-1996. Pada pemeliharaan benda uji *paving block* dilakukan dengan merendam selama 28 hari kemudian setelah 28 hari akan dilakukan pengujian untuk mengetahui kualitas mutu benda uji. Pengujian yang dilakukan pada penelitian sebanyak 100 buah. Uraian tentang komposisi benda uji dan ukuran untuk sampel pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Komposisi Benda Uji

Variasi	Presentase Abu Pembakaran Sampah	Jumlah Sampel	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Abu Sampah (Kg)
I	0%	20	6,68	46,75	0,00
II	5%	20	6,68	44,41	2,34
III	10%	20	6,68	42,07	4,67
IV	15%	20	6,68	39,73	7,01

Lanjutan Tabel 4.2 Komposisi Benda Uji

Variasi	Presentase Abu Pembakaran Sampah	Jumlah Sampel	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Abu Sampah (Kg)
V	20%	20	6,68	37,40	9,35
Total			33,39	210,36	23,37

Tabel 4.3 Ukuran Benda Uji

Sampel	Jenis Pengujian		
	Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
Dimensi (cm)	6 x 6 x 6	5 x 5 x 2	20 x 10 x 6

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Pada proses penelitian melibatkan beberapa tahapan yaitu menyiapkan bahan, pencampuran bahan, pembuatan, perawatan, pemotongan, dan pengujian. Tahapan tersebut dilaksanakan PIMVM UII dan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Berikut penjelasan dari tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut.

4.4.1 Persiapan Bahan

Pada tahap persiapan bahan dilakukan pengecekan terhadap sejumlah bahan penyusun yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji. Berikut penjelasan mengenai persiapan bahan yang dilakukan.

1. Agregat Halus

Dalam persiapan bahan agregat halus dilakukan pemeriksaan agregat halus yang meliputi pengujian modulus halus butir butir agregat, berat volume padat serta gembur, dan pengujian kandungan lumpur yang dapat dilihat pada penjelasan berikut.

a. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan gradasi pasir serta modulus halus butir (MHB) dengan menggunakan saringan. Langkah-langkah pengujian modulus halus butir agregat halus sebagai berikut.

- 1) Siapkan pasir yang telah disiapkan sebelumnya dalam pan.
- 2) Masukkan pasir kedalam oven, lalu oven pasir dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga mendapatkan berat tetap.
- 3) Keluarkan pasir dari oven, kemudian diamkan selama 1-3 jam pada suhu ruangan.
- 4) Setelah pendinginan selesai, kemudian timbang pasir.
- 5) Susun saringan dari lubang terbesar (9,52 mm) hingga lubang paling kecil di bawah (0,15 mm). Selanjutnya masukkan pasir kedalam saringan lalu diayak dengan mesin pengguncang selama 10 menit.
- 6) Pasir dikelurkan dari setiap saringan dan masukkan pada pan. Pasir ditimbang lalu dicatat berat pasir yang tertahan pada setiap saringan.
- 7) Gradasi agregat halus dihitung dengan cara menjumlahkan kumulatif presentase butiran yang lolos pada setiap saringan. Perhitungan presentase dengan menjumlahkan presentase kumulatif tertahan, kemudian hasilnya dibagi seratus.

b. Pengujian Berat Volume Pasir Padat dan Gembur

Pengujian yang bertujuan untuk menentukan berat volume dalam kondisi padat dan gembur, yang digunakan untuk menentukan menghitung kebutuhan pasir sesuai dengan campuran *paving block*. Langkah pengujian berat volume pasir padat dan gembur agregat halus sebagai berikut.

- 1) Siapkan benda uji dan wadah.
- 2) Kemudian oven benda uji dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Setelah 24 jam keluarkan dari oven kemudian dinginkan pada suhu ruang.
- 3) Timbang wadah (W1) dan ukur dimensinya.
- 4) Untuk menghitung volume gembur, pasir dimasukkan ke dalam wadah penuh tanpa dilakukan penumbukan.
- 5) Untuk menghitung volume padat, pasir dimasukkan ke dalam wadah penuh dengan melakukan pemadatan setiap 1/3 bagian sebanyak 25 kali penumbukan.
- 6) Kemudian timbang wadah yang berisi pasir (W2).
- 7) Lakukan perhitungan berat pasir dengan rumus, $W3 = W2 - W1$.

- 8) Hitung hasil pengujian menggunakan rumus berat agregat (W_3) dibagi dengan volume wadah.

c. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadungan lumpur dalam pasir. Pasir tidak boleh memiliki $> 5\%$ lumpur. Lumpur adalah bagian agregat yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) setelah proses pencucian agregat hingga bersih. Langkah pengujian kandungan lumpur sebagai berikut.

- 1) Timbang pan dalam keadaan kosong.
- 2) Masukkan benda uji ke dalam pan lalu timbang pan dengan benda uji.
- 3) Masukkan benda uji ke dalam oven, panaskan dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- 4) Setelah 24 jam, timbang benda uji dan letakkan benda uji ke dalam saringan nomor 200 dengan dialiri air mengalir hingga semua lumpur terbilas dan air keluar menjadi jernih.
- 5) Lumpur yang tertahan saringan nomor 200 kemudian masukkan pada pan dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- 6) Setelah di oven, benda uji dikeringkan pada suhu ruang setelah dingin timbang benda uji dengan ketelitian 0,1 gram.

2. Semen *Portland*

Persiapan yang dilakukan pada adalah pengecekan fisik pada bungkus semen dalam kondisi terbungkus rapat tidak sobek kemudian pengecekan pada butiran semen berbutir halus serta semen tidak menggumpal. Semen yang digunakan bermerk Tiga Roda dengan berat 40 kg.

3. Air

Persiapan yang dilakukan dengan memastikan bahwa air yang digunakan memenuhi persyaratan air sesuai (SNI 03-6861.1, 2002) yaitu kondisi bebas dari lumpur, endapan, minyak, atau bahan lain yang dapat mempengaruhi kualitas campuran.

4. Abu Pembakaran Sampah

Persiapan yang dilakukan yaitu menyaring abu sampah pembakaran dengan menggunakan saringan nomor 10, 4,75, 2,4, 1,2, 0,6, 0,3, dan 0,15. Abu pembakaran yang dipakai merupakan abu yang lolos saringan ukuran 1,2 mm untuk mendapatkan abu sampah pembakaran yang sesuai.

4.4.2 Pencampuran Bahan

Pada tahap pencampuran bahan pada proses pembuatan benda uji, semua bahan dihitung dan ditimbang sesuai dengan takaran yang dibutuhkan untuk masing-masing komponen penyusun benda uji. Dalam penelitian, digunakan 5 variasi presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat pasir. Langkah proses pencampuran bahan penyusun benda uji menggunakan mesin pengaduk (*mixer*).

1. Persiapkan bahan penyusun benda uji *paving block* seperti agregat halus, semen, air, dan abu sampah pembakaran sampah dengan presentase yang telah ditentukan.
2. Masukkan semua bahan ke dalam mesin pengaduk hingga menjadi satu. Kemudian aduk selama waktu ± 10 menit.
3. Setelah ± 10 menit, pastikan adukan tercampur dengan merata dan homogen serta memiliki tingkat kelacakan yang sesuai dengan target.

4.4.3 Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji, digunakan mesin pres yang dengan sistem hidrolik yang dilengkapi dengan sistem *vibrator* untuk mempermudah proses pemadatan *paving block*. Selama pemadatan, mesin pres akan menggetarkan campuran sehingga agregat dalam campuran dapat mengisi rongga satu sama lain secara merata. Total benda uji yang dibuat berjumlah 100 buah dengan setiap variasi berjumlah 20 buah sampel. Berikut langkah-langkat proses pembuatan benda uji.

1. Siapkan alas papan kayu dan letakkan pada meja cetakan.
2. Periksa dan pastikan mesin dalam kondisi terbuka. Kemudian masukan adukan campuran yang sebelumnya dibuat kedalam cetakan hingga penuh.
3. Nyalakan mesin sekitar ± 10 detik.

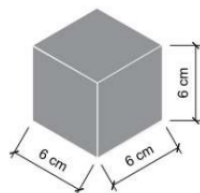
4. Masukkan adukan campuran lagi ke dalam cetakan.
5. Tekan tuas mesin pres hingga sampel turun dan mesin melakukan proses pemadatan bersamaan dengan alat getar berjalan.
6. Tekan kembali tuas mesin pres jika sudah dirasa cukup, mesin akan mengangkat cetakan sampel.

4.4.4 Perawatan Benda Uji

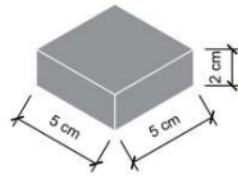
Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam benda uji setelah 1 hari dari proses pencetakan, saat benda uji sudah cukup keras. Perendaman benda uji ini berlangsung selama 28 hari untuk menjaga kelembapan dan memastikan pada proses pengeringan benda uji tidak mengalami keretakan. Proses pengeringan dilakukan di tempat teduh tidak langsung terkena sinar matahari.

4.4.5 Pemotongan Benda Uji

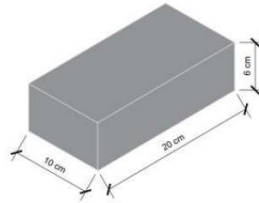
Pada pemotongan benda uji dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi Teknik Sipil. Pemotongan benda uji dilakukan sesuai dengan ukuran dalam (SNI 03-0691, 1996) dimana pada *paving block* ukuran semula benda uji 20 cm x 10 cm x 6 cm akan dipotong menjadi bentuk kubus berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm untuk pengujian kuat tekan, sedangkan untuk pengujian ketahanan aus *paving block* dipotong menjadi ukuran 5 cm x 5 cm x 2 cm. Untuk pengujian penyerapan air, benda uji tetap menggunakan ukuran semula. Ilustrasi ukuran pemotongan benda uji yang dapat dilihat pada Gambar 4.18, Gambar 4.19, dan Gambar 4.20 sebagai berikut.



Gambar 4.18 Ukuran Kuat Tekan



Gambar 4.19 Ukuran Ketahanan Aus



Gambar 4.20 Ukuran Penyerapan Air

4.4.6 Pengujian Benda Uji

Menurut (SNI 03-0691, 1996), parameter pengujian untuk *paving block* meliputi kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air. Pengujian dimulai pada umur 28 hari setelah dilakukan pencetakan dan perawatan benda uji yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tujuan dari pengujian untuk mengetahui mutu dari *paving block* sehingga menghasilkan mutu yang sesuai yang diinginkan. Berikut langkah-langkah pengujian yang dilakukan pada *paving block*.

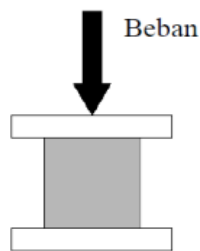
1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk menentukan nilai maksimum kekuatan tekan benda uji yang ditekan oleh mesin uji tekan. Berikut langkah-langkah pengujian kuat tekan.

- a. Siapkan *paving block* yang telah dipotong bentuk kubus kemudian bersihkan dari debu atau kotoran yang menempel.
- b. Ukur dimensi *paving block* memakai jangka sorong dan timbang *paving block* menggunakan timbangan.
- c. Letakkan *paving block* di tengah mesin tekan dengan penempatan yang simetris.

- d. Nyalakan mesin dan mesin akan melakukan pembenanan yang terus meningkat.
- e. Amati dan catat hasil dari pembenanan maksimum benda uji hingga retak atau hancur.

Adapun skema gambar pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut.



Gambar 4.21 Skema Kuat Tekan

Setelah pengujian selesai, selanjutnya adalah menghitung kuat tekan *paving block* dengan memakai rumus berdasarkan SNI 03-0691-1996.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

Dengan:

σ = Kuat tekan (N/mm²)

P = Beban tekan (N)

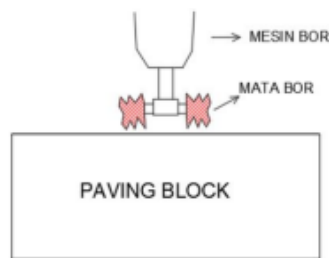
A = Luas bidang tekan (mm²)

2. Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ketahanan aus bertujuan untuk mengetahui sejauh mana benda uji mampu menahan gaya gesek yang berlangsung terus menerus yang mengakibatkan permukaan benda uji semakin terkikis. Langkah pengujian ketahanan aus sebagai berikut.

- a. Siapkan *paving block* yang sudah dianginkan selama 1 hari kemudian dipotong sebelumnya dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 2 cm.
- b. Bersihkan *paving block* dari debu atau kotoran yang menempel.

- c. Ukur dimensi *paving block* memakai jangka sorong dan timbang *paving block* memakai timbangan.
 - d. Tempatkan *paving block* di tengah mesin dan nyalakan selama 5 menit.
 - e. Setelah 5 menit, amati dan catat hasil dari pengujian ketahanan aus.
- Adapun skema dari pengujian katahanan aus dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut.



Gambar 4.22 Skema Ketahanan Aus

Setelah mendapatkan hasil pengujian ini kemudian untuk mengetahui nilai ketahanan aus benda uji dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$D = 1,26 G + 0,0246 \quad (4.2)$$

Dengan:

D = Keausan (mm/menit)

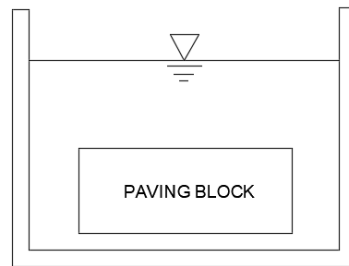
G = Kehilangan berat/lama pengausan (gram/menit)

3. Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui presentase berat air yang dapat diserap oleh pori-pori benda uji. Langkah pengujian penyerapan air yang berdasarkan sebagai berikut.

- a. Rendam utuh *paving block* selama 24 jam.
- b. Setelah 24 jam direndam kemudian benda uji diangkat dan didiamkan sebentar.
- c. Timbang benda uji sebagai berat basah.
- d. Selanjutnya benda uji dikeringkan menggunakan mesin oven, atur suhu oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.

- e. Setelah 24 jam, keluarkan benda uji dari oven lalu ditimbang kembali sebagai berat kering.
 - f. Catat hasil dari pengujian penyerapan air yang dilakukan.
- Adapun skema pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut.



Gambar 4.23 Skema Penyerapan Air

Setelah didapatkan nilai berat basah dan berat kering benda uji, kemudian dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (4.3)$$

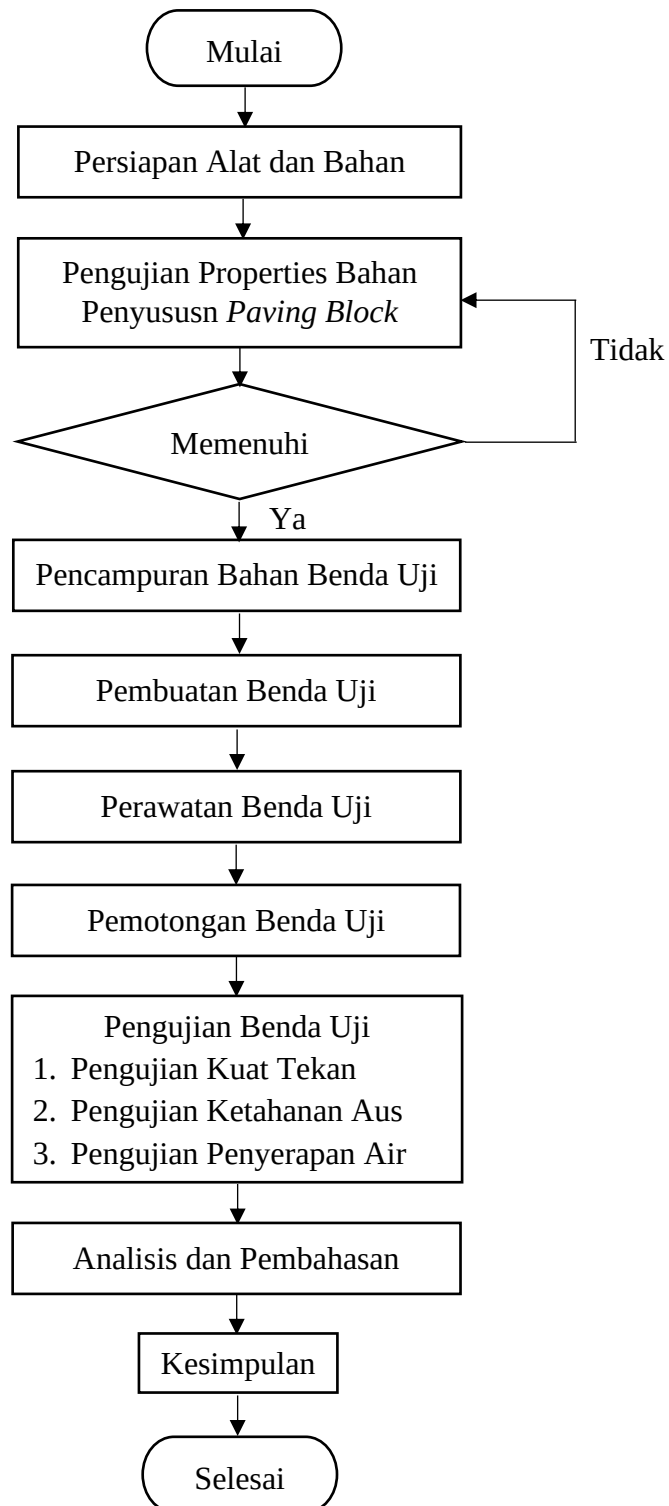
Dengan:

A = Berat bata beton basah (gram)

B = Berat bata beton kering (gram)

4.5 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara sistematis, dengan langkah-langkah yang jelas dan terstruktur agar memperoleh hasil yang optimal. Berikut merupakan bagan alir (*flowchart*) yang menggambarkan tahapan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.24 di halaman berikutnya.



Gambar 4.24 Flowchart Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Pengujian *paving block* yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada (SNI 03-0691, 1996) tentang *paving block* yaitu meliputi pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun *Paving Block*

Sebelum pembuatan *paving block*, perlu dilakukan pengujian bahan penyusun benda uji yang meliputi pasir, semen, bahan tambah abu pembakaran sampah, dan air. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian analisa saringan, pengujian volume padat dan gembur, dan pengujian kandungan lumpur yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil. Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui karakteristik bahan tersebut dan memastikan bahwa bahan yang digunakan memenuhi persyaratan sebagai bahan *paving block* sehingga *paving block* yang dihasilkan sesuai dengan direncanakan.

5.2.1 Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan pasir merapi. Pengujian pasir yang dilakukan meliputi pengujian modulus halus butir, volume padat dan gembur, serta kandungan lumpur. Berikut hasil dari pengujian pasir.

a. Pengujian MHB Agregat halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi pasir dengan menggunakan saringan dan modulus halus butir (MHB) sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990. Berikut merupakan hasil pengujian MHB yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Lubang Saringan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	348	7,07	7,07	92,93
4,80	418	8,49	15,56	84,44
2,40	383	7,78	23,34	76,66
1,20	641	13,02	36,37	63,63
0,60	1010	20,52	56,89	43,11
0,30	747	15,18	72,06	27,94
0,15	1165	23,67	95,73	4,27
Sisa	210	4,27		
Jumlah	4922	100	307,03	

Berikut analisis perhitungan yang didapatkan dari pengujian modulus halus butir agregat halus.

a. Berat tertinggal (gram) didapat dari pengujian

$$b. \text{ Berat tertinggal (\%)} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat tertinggal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang saringan 9,6 mm} &= \frac{348}{4922} \times 100\% \\ &= 7,07\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang saringan 4,8 mm} &= \frac{418}{4922} \times 100\% \\ &= 8,49\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang saringan 2,4 mm} &= \frac{383}{4922} \times 100\% \\ &= 7,78\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang saringan 1,2 mm} &= \frac{641}{4922} \times 100\% \\ &= 13,02\% \end{aligned}$$

$$\text{Lubang saringan 0,6 mm} = \frac{1010}{4922} \times 100\%$$

$$= 20,52\%$$

$$\text{Lubang saringan 0,3 mm} = \frac{747}{4922} \times 100\%$$

$$= 15,18\%$$

$$\text{Lubang saringan 0,15 mm} = \frac{1165}{4922} \times 100\%$$

$$= 23,67\%$$

$$\text{Sisa pan} = \frac{210}{4922} \times 100\%$$

$$= 4,27\%$$

c. Berat tertinggal kumulatif (%)

$$\text{Lubang saringan 9,6 mm} = 0\% + 7,07\%$$

$$= 7,07\%$$

$$\text{Lubang saringan 4,8 mm} = 7,07\% + 8,49\%$$

$$= 15,56\%$$

$$\text{Lubang saringan 2,4 mm} = 15,56\% + 7,78\%$$

$$= 23,34\%$$

$$\text{Lubang saringan 1,2 mm} = 23,34\% + 13,02\%$$

$$= 36,37\%$$

$$\text{Lubang saringan 0,6 mm} = 36,37\% + 20,52\%$$

$$= 56,89\%$$

$$\text{Lubang saringan 0,3 mm} = 56,89\% + 15,18\%$$

$$= 72,06\%$$

$$\text{Lubang saringan 0,15 mm} = 72,06\% + 23,67\%$$

$$= 95,73\%$$

d. Berat persen lulus kumulatif (%)

$$\text{Lubang saringan 9,6 mm} = 100\% - 7,07\%$$

$$= 92,93\%$$

$$\text{Lubang saringan 4,8 mm} = 100\% - 15,56\%$$

$$= 84,44\%$$

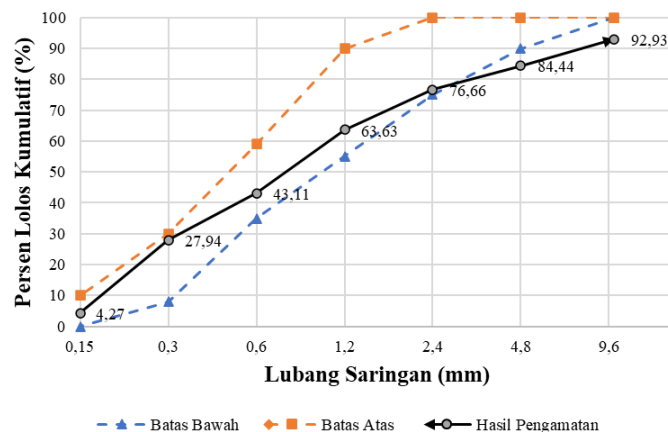
$$\text{Lubang saringan 2,4 mm} = 100\% - 23,34\%$$

	= 76,66%
Lubang saringan 1,2 mm	= 100% - 26,37%
	= 63,63%
Lubang saringan 0,6 mm	= 100% - 56,89%
	= 43,11%
Lubang saringan 0,3 mm	= 100% - 72,06%
	= 27,94%
Lubang saringan 0,15 mm	= 100% - 95,73%
	= 4,27%

Berdasarkan hasil pengujian yang telah didapatkan, perhitungan modulus halus butir dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\Sigma \text{ Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{307,03}{100} \\
 &= 3,07
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-1750-1990 tentang persyaratan uji lolos modulus halus agregat halus dimana untuk rentan antara 1,5 – 3,8. Pada hasil data perhitungan modulus halus butir yang telah didapatkan nilai sebesar 3,07 yang termasuk dalam persyaratan. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan daerah gradasi pasir dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Hasil Penyaringan Pasir Daerah II

Pada grafik hasil pengujian MHB, penentuan daerah gradasi menunjukkan pada lubang saringan 9,6 dan 4,8 persen lolos kumulatif melebihi batas bawah. Hal ini bahwa pasir memiliki kandungan butiran halus yang lebih sedikit sehingga pasir cenderung lebih kasar. Berdasarkan hasil tersebut, penentuan jenis gradasi dari Daerah I hingga Daerah IV, jenis pasir yang digunakan masuk dalam Daerah Gradasi II dimana memiliki karakteristik pasir agak kasar.

2. Pengujian Volume Padat dan Gembur Agregat Halus

Pengujian bertujuan untuk mengetahui berat isi volume agregat halus serta berat volume padat dan gembur dengan menggunakan pedoman SNI SNI 03-4804-1998. Dari hasil pengujian volume padat dan gembur didapatkan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1), gram	10609
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram	19876
Berat Agregat (W3), gram	9267
Volume Tabung (V), cm ³	5301,438
Rata-rata Berat Volume Padat, gram/cm ³	1,7

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1), gram	10609
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram	18433
Berat Agregat (W3), gram	7824
Volume Tabung (V), cm ³	5301,438
Rata-rata Berat Volume Padat, gram/cm ³	1,5

Berikut ini adalah analisis perhitungan pengujian di atas.

a. Analisis perhitungan berat volume padat agregat halus

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

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir W3} &= W2 - W1 \\ &= 19876 - 10609 \\ &= 9267 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat volume padat} &= \frac{W3}{V} \\ &= \frac{9267}{5301,438} \\ &= 1,7 \text{ gram/cm}^3\end{aligned}$$

b. Analisis perhitungan berat volume gembur agregat halus

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

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir W3} &= W2 - W1 \\ &= 18433 - 10609 \\ &= 7824 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat volume gembur} &= \frac{W3}{V} \\ &= \frac{7824}{5301,438} \\ &= 1,5 \text{ gram/cm}^3\end{aligned}$$

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan yang dapat dilihat pada analisis perhitungan Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 diperoleh hasil berat volume pada kondisi padat agregat halus sebesar 1,7 gram/cm³ dan pada kondisi gembur agregat halus sebesar 1,5 gram/cm³. Hasil yang diperoleh menunjukkan perbedaan yang signifikan di mana berat volume kondisi padat lebih besar dibandingkan dengan berat volume pada kondisi gembur. Hal ini disebabkan oleh proses penumbukan

agregat halus saat pengujian berat volume pada kondisi padat yang mengurangi pori-pori udara pada agregat halus.

3. Pengujian Kandungan Lumpur dalam Agregat Halus

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui presentase kandungan lumpur pada agregat halus dengan menggunakan saringan no. 200 sesuai dengan pedoman standar SNI 03-4142-1996. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500
Berat Agregat kering Oven setelah dicuci (W2), gram	478
Berat yang Lolos Ayakan No. 200, $(W1 - W2/W1) \times 100\%$	4,4

Berikut analisis perhitungan yang didapatkan dari pengujian kandungan lumpur agregat halus (lolos saringan No. 200).

$$\begin{aligned}
 \text{Berat yang lolos saringan No. 200} &= \frac{W1-W2}{W1} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 478}{500} \times 100\% \\
 &= 4,4\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kadar lumpur pada agregat halus sebesar 4,4%. Hasil ini telah memenuhi persyaratan dimana agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.

5.2.2 Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis semen *portland cement composite* yang bermerk Tiga Roda dengan berat 40 kg. Pada pemeriksaan semen dilakukan dengan cara secara visual yang menunjukkan bahwa kemasan semen dalam kondisi baik tanpa kerusakan atau sobekan, dalam kondisi baru dan belum digunakan sebelumnya, serta tidak terkena air. Selain itu, butiran semen

tidak menggumpal, halus dan memenuhi syarat untuk digunakan dalam pembuatan *paving block*.

5.2.3 Air

Pemeriksaan air dilakukan untuk memastikan air dalam kondisi baik. Penelitian ini menggunakan air diambil dari PIMVM UII. Berdasarkan hasil pemeriksaan, air yang digunakan memenuhi kriteria kelayakan karena tidak mengandung minyak, lumpur, atau kotoran lainnya.

5.2.4 Abu Sampah Pembakaran

Abu pembakaran sampah yang digunakan dalam penelitian merupakan abu sampah pembakaran yang diambil dari Tempat Pembakaran Sampah yang berada di Desa Sendangtirto, Berbah, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil pemeriksaan abu sampah pembakaran bahwa abu yang akan digunakan dalam kondisi tidak menggumpal, terpisah dari sampah yang belum terbakar sempurna, dan tidak tercampur air sehingga abu sampah pembakaran layak untuk digunakan.

5.3 Perhitungan Campuran *Paving Block*

Setelah memastikan bahwa bahan penyusun *paving block* dalam kondisi layak, langkah selanjutnya adalah menentukan kebutuhan campuran. Tahap ini bertujuan untuk menghitung jumlah material seperti semen, air, pasir, dan abu pembakaran sampah yang diperlukan untuk membuat *paving block* sesuai rencana. Pada penelitian ini, *paving block* dibuat dengan kadar presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat pasir, menggunakan komposisi campuran 1pc : 6s. Abu pembakaran sampah digunakan sebagai substitusi sebagian pasir sesuai dengan variasi yang sudah direncanakan. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan campuran bahan *paving block*.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{paving block} &= 20 \times 10 \times 6 \\
 &= 1200 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume padat pasir} &= 1,748 \text{ gram/ cm}^3 \\
 \text{Faktor pemadatan} &= 1,3 \\
 \text{Faktor air semen (Fas)} &= 0,40
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan pasir 1 paving block} &= \frac{6}{7} \times B.V \text{ pasir} \times V \text{ paving block} \times 1,3 \\
 &= \frac{6}{7} \times 1,748 \times 1200 \times 1,3 \\
 &= 2337,348 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan pasir 20 paving block} &= 20 \times \text{pasir 1 paving block} \\
 &= 20 \times 2337,348 \\
 &= 46746,954 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan semen 1 paving block} &= \frac{1}{7} \times 1 \text{ paving block} \\
 &= \frac{1}{7} \times 2337,348 \\
 &= 333,907 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan semen 20 paving block} &= 20 \times \text{semen 1 paving block} \\
 &= 20 \times 333,907 \\
 &= 6678,136 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air 1 paving block} &= 0,40 \times \text{semen 1 paving block} \\
 &= 0,40 \times 389,558 \\
 &= 155,823 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air 20 paving block} &= 0,40 \times \text{air 20 paving block} \\
 &= 0,40 \times 155,823 \\
 &= 3116,464 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan abu pembakaran sampah variasi 5% dari berat pasir.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan abu pembakaran sampah 5\%} &= 5\% \times \text{pasir 20 paving block} \\
 &= 5\% \times 46746,954 \\
 &= 2337,348 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan bahan penyusun *paving block* seperti pasir, semen, air, dan abu pembakaran sampah pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran

Variasi	Presentase (%)	Jumlah Sampel (buah)	Pasir (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Abu Sampah (kg)
I	0	20	46,747	6,678	3,116	0.000
II	5	20	44,410	6,678	3,116	2,337
III	10	20	42,072	6,678	3,116	4,675
IV	15	20	39,735	6,678	3,116	7,012
V	20	20	37,398	6,678	3,116	9,349
Total		100	210,361	33,391	15,582	23,373

5.4 Hasil Pengujian *Paving Block*

Pengujian *paving block* dilakukan pada umur 28 hari setelah pencetakan dan parameter pengujian mengacu pada standar SNI 03-0691-1996 tentang *paving block* meliputi uji kuat tekan, uji ketahanan aus, dan uji penyerapan air. seluruh pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

5.4.1 Pengujian Kuat Tekan

Setelah *paving block* berumur 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan 10 buah untuk setiap variasi, sehingga total *paving block* berjumlah 50 buah. *Paving block* dipotong menjadi bentuk kubus berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm sesuai dengan yang ketentuan SNI 03-0691-1996. Data yang hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.6 hingga 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Pemeriksaan Tebal
Paving Block Variasi I

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Toleransi Tebal $\pm 8\%$ (mm)	Beban (kN)	Keterangan
A1	60	60	60	55,2-64,8	36	OK
A2	62,5	61,5	60	55,2-64,8	43	OK
A3	60	61,5	60	55,2-64,8	49	OK
A4	61,5	62	60	55,2-64,8	49	OK
A5	62	62	60	55,2-64,8	36	OK
A6	60	60	61,5	55,2-64,8	33	OK
A7	61	62	60	55,2-64,8	27	OK
A8	62	62	60	55,2-64,8	53	OK
A9	62	60	60	55,2-64,8	45	OK
A10	61	60	60	55,2-64,8	34	OK

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Pemeriksaan Tebal
Paving Block Variasi II

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Toleransi Tebal $\pm 8\%$ (mm)	Beban (kN)	Keterangan
B1	60,5	62	59,5	55,2-64,8	49	OK
B2	63	61	58	55,2-64,8	37	OK
B3	62,5	62	61	55,2-64,8	30	OK
B4	63	60	60	55,2-64,8	36	OK
B5	59	61,5	60	55,2-64,8	43	OK
B6	61	59	60	55,2-64,8	41	OK
B7	62,5	58,5	59	55,2-64,8	36	OK
B8	63	60,5	62,5	55,2-64,8	49	OK
B9	62	61,5	59,5	55,2-64,8	31	OK
B10	61,5	59	59	55,2-64,8	39	OK

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan pemeriksaan Tebal
Paving Block Variasi III

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Toleransi Tebal $\pm 8\%$ (mm)	Beban (kN)	Keterangan
C1	59	63	59,5	55,2-64,8	82	OK
C2	63	59	60	55,2-64,8	34	OK
C3	63	61,5	59	55,2-64,8	53	OK
C4	62,5	61,5	60,5	55,2-64,8	47	OK
C5	62,5	62,5	59,5	55,2-64,8	42	OK
C6	63	61,5	59,5	55,2-64,8	82	OK
C7	62,5	58,5	63	55,2-64,8	32	OK
C8	63	60	60,5	55,2-64,8	59	OK
C9	60,5	60	59,5	55,2-64,8	42	OK
C10	63	62,5	59,5	55,2-64,8	43	OK

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Pemeriksaan Tebal
Paving Block Variasi IV

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Toleransi Tebal $\pm 8\%$ (mm)	Beban (kN)	Keterangan
D1	63	61,5	60,5	55,2-64,8	33	OK
D2	62,5	62	58,5	55,2-64,8	36	OK
D3	61	62	60,5	55,2-64,8	39	OK
D4	63	63	58,5	55,2-64,8	34	OK
D5	61,5	60,5	58	55,2-64,8	32	OK
D6	61,5	63	58	55,2-64,8	48	OK
D7	62,5	61	58,5	55,2-64,8	41	OK
D8	60	62	58,5	55,2-64,8	43	OK
D9	59	61,5	59	55,2-64,8	30	OK
D10	61,5	61,5	61,5	55,2-64,8	47	OK

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Pemeriksaan Tebal
Paving Block Variasi V

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Toleransi Tebal $\pm 8\%$ (mm)	Beban (kN)	Keterangan
E1	63	61,5	60,5	55,2-64,8	33	OK
E2	60,5	63	58	55,2-64,8	32	OK
E3	61,5	63	60	55,2-64,8	41	OK
E4	60	60,5	59,5	55,2-64,8	42	OK
E5	59,5	60,5	58,1	55,2-64,8	34	OK
E6	61,5	63	58	55,2-64,8	52	OK
E7	61,5	61,5	58	55,2-64,8	48	OK
E8	63	63	60,5	55,2-64,8	32	OK
E9	63	60,5	59	55,2-64,8	48	OK
E10	63	58	60,5	55,2-64,8	33	OK

Berikut adalah contoh perhitungan kuat tekan *paving block* berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada tipe C5 dengan variasi penambahan abu pembakaran sampah sebesar 10%.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 62,5 \text{ mm} \\
 \text{Lebar} &= 62,5 \text{ mm} \\
 \text{Tebal} &= 59,5 \text{ mm} \\
 \text{Luas (A)} &= p \times l \\
 &= 62,5 \times 62,5 \\
 &= 3906 \text{ mm}^2 \\
 \text{Beban (P)} &= 42 \text{ kN} \\
 &= 42000 \text{ N} \\
 \text{Kuat Tekan } (\sigma) &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{42000}{3906} \\
 &= 10,752 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Toleransi tinggi Paving Block $\pm 8\%$

$$\begin{aligned}\text{Batas minimum tinggi} &= 60 - (8\% \times 60) \\ &= 55,2 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Batas maksimum tinggi} &= 60 + (8\% \times 60) \\ &= 64,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dengan demikian, tebal *paving block* variasi 10% dengan kode sampel C5 memenuhi persyaratan dimana tinggi tidak melewati batas minimum dan batas maksimum yang disyaratkan toleransi $\pm 8\%$, yaitu $55,2 \text{ mm} < 59,5 \text{ mm} < 64,8 \text{ mm}$.

Seluruh hasil perhitungan pengujian kuat tekan untuk setiap variasi abu pembakaran sampah dapat dilihat pada tabel 5.11 hingga 5.15 berikut.

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Variasi I

Variasi	Kode Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0%	A1	3600,000	10,000	10,816
	A2	3843,750	11,187	
	A3	3690,000	13,279	
	A4	3813,000	12,851	
	A5	3844,000	9,365	
	A6	3600,000	9,167	
	A7	3782,000	7,139	
	A8	3844,000	13,788	
	A9	3720,000	12,097	
	A10	3660,000	9,290	

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Variasi II

Variasi	Kode Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
5%	B1	3751,000	13,063	10,478
	B2	3843,000	9,628	
	B3	3875,000	7,742	
	B4	3780,000	9,524	
	B5	3628,500	11,851	
	B6	3599,000	11,392	
	B7	3656,250	9,846	
	B8	3811,500	12,856	
	B9	3813,000	8,130	
	B10	3628,500	10,748	

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Variasi III

Variasi	Kode Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
10%	C1	3717,000	22,061	13,588
	C2	3717,000	9,147	
	C3	3874,500	13,679	
	C4	3843,750	12,228	
	C5	3906,250	10,752	
	C6	3874,500	21,164	
	C7	3656,250	8,752	
	C8	3780,000	15,608	
	C9	3630,000	11,570	
	C10	3937,500	10,921	

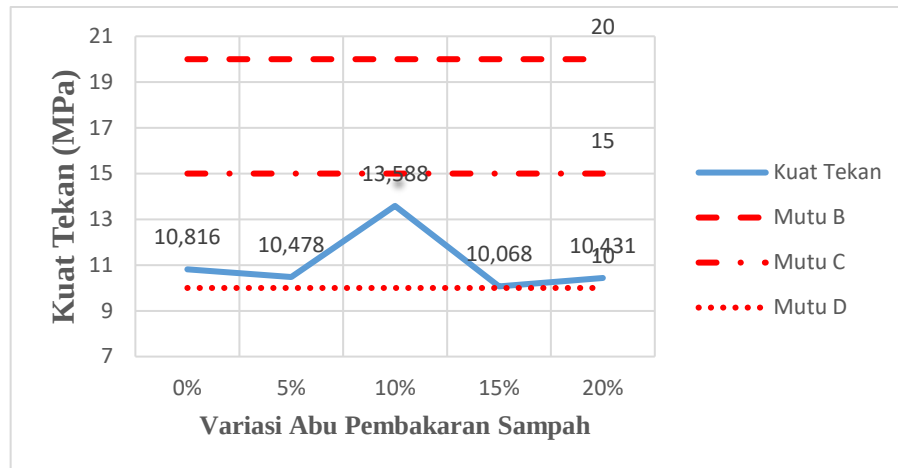
Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Variasi IV

Variasi	Kode Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
15%	D1	3874,500	8,517	10,068
	D2	3875,000	9,290	
	D3	3782,000	10,312	
	D4	3969,000	8,566	
	D5	3720,750	8,600	
	D6	3874,500	12,389	
	D7	3812,500	10,754	
	D8	3720,000	11,559	
	D9	3628,500	8,268	
	D10	3782,250	12,426	

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Variasi V

Variasi	Kode Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
20%	E1	3874,500	8,517	10,431
	E2	3811,500	8,396	
	E3	3874,500	10,582	
	E4	3630,000	11,570	
	E5	3599,750	9,445	
	E6	3874,500	13,421	
	E7	3782,250	12,691	
	E8	3969,000	8,062	
	E9	3811,500	12,593	
	E10	3654,000	9,031	

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka dapat dibuat grafik untuk menunjukkan hasil nilai rata-rata pengujian kuat tekan *paving block* pada setiap variasi abu pembakaran sampah dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Grafik Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan klasifikasi mutu paving *block* sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996. Klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Kuat Tekan dan Klasifikasi Mutu *Paving Block*

Variasi	Presentase (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Minimum (MPa)	Standar SNI 03-0691-1996		Mutu	Fungsi Paving Block
				Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Minimum (MPa)		
I	0	10,816	7,139	10	8,5	D	Taman
II	5	10,478	7,742	10	8,5	D	Taman
III	10	13,588	8,752	10	8,5	D	Taman
IV	15	10,068	8,268	10	8,5	D	Taman
V	20	10,431	8,062	10	8,5	D	Taman

Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan setelah benda uji direndam selama 28 hari dan dalam kondisi kering. Selanjutnya, *paving block* dipotong sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996 yaitu 6 cm x 6 cm x 6 cm dengan jumlah 10 sampel untuk setiap variasi, sehingga total sampel keseluruhan berjumlah 50 buah. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji kuat tekan yang berada di Laboratorium Baham Kontruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan *paving block*, diperoleh nilai rata-rata kuat tekan *paving block* normal sebesar 10,816 MPa yang termasuk dalam klasifikasi mutu D yang diperuntukan sebagai area taman. Peningkatan nilai kuat tekan terjadi pada penambahan abu pembakaran sampah sebesar 10% dengan nilai kuat tekan mencapai 13,588 MPa yang masih termasuk dalam klasifikasi mutu D sebagai area taman. Pada variasi 15% dan 20% substitusi abu pembakaran sampah terjadi penurunan dan kenaikan nilai kuat tekan sebesar 10,068 MPa dan 10,431 MPa yang termasuk dalam klasifikasi mutu D.

Pada variasi 10% substitusi abu pembakaran sampah terjadi peningkatan pada nilai kuat tekan jika dibandingkan dari variasi lainnya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Putri & Kinasti, 2019) yang menunjukkan bahwa nilai kuat tekan *paving block* pada variasi II dengan 10% abu pembakaran sampah sebagai bahan substitusi agregat halus meningkat. Hasil nilai ini menjadi nilai optimal pada penelitian tersebut. Penggunaan abu pembakaran sampah sebagai bahan substitusi agregat halus dengan kadar tertentu, dalam hal ini 10% dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* jika dibandingkan dengan *paving block* normal karena abu pembakaran sampah dapat mengisi rongga-rongga kecil di antara butiran agregat sehingga pori-pori dalam *paving block* berkurang. Namun pada kadar 15% hingga 20% terjadi penurunan nilai kuat tekan karena semakin bertambahnya kadar abu pembakaran sampah yang mengurangi daya ikat antar agregat menjadi menurun dan kadar abu pembakaran sampah tinggi akan menyebabkan porositas yang lebih tinggi sehingga mengurangi kuat tekan *paving block*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penggantian abu pembakaran sampah pada agregat halus dapat meningkatkan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan pada penelitian ini meningkat pada variasi III dengan kadar 10% abu pembakaran sampah yang menghasilkan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 13,588 MPa. Namun, pada variasi IV serta V dengan kadar abu pembakaran sampah 15% dan 20% terjadi penurunan dan kenaikan nilai kuat tekan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan abu pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian pasir dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada kadar tertentu, tetapi dapat juga mengurangi nilai kuat tekan jika kadar abu pembakaran sampah terlalu tinggi.

5.4.2 Uji Outlier

Outlier adalah pengamatan pada data yang dimana muncul nilai yang meyimpang jauh dari nilai lainnya. Uji *outlier* dilakukan sebelum melakukan suatu analisis lebih lanjut dalam penelitian. Pengujian outlier dilakukan dengan metode *Z score* atau nilai standar baku dimana yang digunakan untuk batas pengujian adalah kurang dari -3 atau lebih dari +3. Berikut analisis uji *outlier* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan 5.21.

Tabel 5.17 Analisis Outlier Variasi I Paving Block

No	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata	Standar Deviasi Populasi	Zscore	Keputusan
1	10,000	10,816	2,053	-0,398	Normal
2	11,187			0,181	Normal
3	13,279			1,199	Normal
4	12,851			0,991	Normal
5	9,365			-0,707	Normal
6	9,167			-0,803	Normal
7	7,139			-1,791	Normal
8	13,788			1,447	Normal
9	12,097			0,624	Normal
10	9,290			-0,743	Normal

Tabel 5.18 Analisis Outlier Variasi II Paving Block

No	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata	Standar Deviasi Populasi	Zscore	Keputusan
1	13,063	10,478	1,737	1,488	Normal
2	9,628			-0,489	Normal
3	7,742			-1,575	Normal
4	9,524			-0,549	Normal
5	11,851			0,791	Normal
6	11,392			0,526	Normal
7	9,846			-0,364	Normal
8	12,856			1,369	Normal
9	8,130			-1,352	Normal
10	10,748			0,155	Normal

Tabel 5.19 Analisis Outlier Variasi III Paving Block

No	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata	Standar Deviasi Populasi	Zscore	Keputusan
1	22,061	13,588	4,444	1,907	Normal
2	9,147			-0,999	Normal
3	13,679			0,020	Normal
4	12,228			-0,306	Normal
5	10,752			-0,638	Normal
6	21,164			1,705	Normal
7	8,752			-1,088	Normal
8	15,608			0,455	Normal
9	11,570			-0,454	Normal
10	10,921			-0,600	Normal

Tabel 5.20 Analisis Outlier Variasi IV Paving Block

No	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata	Standar Deviasi Populasi	Zscore	Keputusan
1	8,517	10,068	1,561	-0,994	Normal
2	9,290			-0,499	Normal
3	10,312			0,156	Normal
4	8,566			-0,962	Normal
5	8,600			-0,941	Normal
6	12,389			1,487	Normal
7	10,754			0,439	Normal
8	11,559			0,955	Normal
9	8,268			-1,153	Normal
10	12,426			1,511	Normal

Tabel 5.21 Analisis Outlier Variasi V Paving Block

No	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata	Standar Deviasi Populasi	Zscore	Keputusan
1	8,517	10,431	1,908	-1,003	Normal
2	8,396			-1,067	Normal
3	10,582			0,079	Normal
4	11,570			0,597	Normal
5	9,445			-0,517	Normal
6	13,421			1,567	Normal
7	12,691			1,185	Normal
8	8,062			-1,242	Normal
9	12,593			1,133	Normal
10	9,031			-0,734	Normal

Uji *outlier* ini dilakukan untuk memastikan data pengujian kuat tekan dimana terdapat data yang tidak konsisten. Dari hasil uji *outlier* pada perhitungan diatas tidak terdapat *outlier* pada seluruh variasi. Semua data tersebut memiliki Z score kurang dari 3 sehingga tidak masuk kedalam *outlier*. Jika terdapat data yang mengandung

outlier dilakukan analisis, maka akan berpengaruh terhadap keakuratan hasil analisis, pada penelitian ini tidak mengandung *outlier* sehingga data yang digunakan aman.

5.4.3 Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ketahanan aus dilakukan setelah *paving block* mencapai umur 28 hari. *Paving block* kemudian dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 2 cm sesuai dengan yang ketentuan SNI 03-0691-1996. Dalam pengujian ini, diambil 5 *paving block* untuk setiap variasi dengan total *paving block* dari seluruh variasi berjumlah 25 buah.

Berikut contoh perhitungan yang diambil dari hasil pengujian ketahanan aus *paving block* dengan substitusi abu pembakaran sampah 5% dengan tipe sampel B5.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat awal} &= 98,37 \text{ gram} \\
 \text{Berat akhir} &= 97,22 \text{ gram} \\
 \text{Durasi pengujian} &= 5 \text{ menit} \\
 \text{Kehilangan berat (G)} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Durasi waktu}} \\
 &= \frac{98,37 - 97,22}{5} \\
 &= 0,230 \text{ gram/menit} \\
 \text{Ketahanan Aus (D)} &= 0,12 \times G + 0,0246 \\
 &= 0,12 \times 0,230 + 0,0246 \\
 &= 0,314 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan sampel tipe B1, B2, B3, dan B4 seperti diatas, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata untuk mendapatkan nilai ketahanan aus pada variasi substitusi abu pembakaran sampah 5% yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Ketahanan Aus rata-rata} &= \frac{0,299 + 0,128 + 0,138 + 0,372 + 0,314}{5} \\
 &= 0,250 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari pengujian ketahanan aus *paving block* yang dapat dilihat pada Tabel 5.22 hingga Tabel 5.26 berikut ini.

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi I

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
A1	88,02	87,47	0,110	0,163
A2	101,26	100,28	0,196	0,272
A3	102,07	101,67	0,080	0,125
A4	119,57	118,36	0,242	0,330
A5	93,48	92,72	0,152	0,216
Rata-Rata				0,221

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi II

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
B1	100,35	99,26	0,218	0,299
B2	96,23	95,82	0,082	0,128
B3	110,03	109,58	0,090	0,138
B4	95,67	94,29	0,276	0,372
B5	98,37	97,22	0,230	0,314
Rata-Rata				0,250

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi III

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
C1	91,07	90,74	0,066	0,108
C2	98,16	97,09	0,214	0,294
C3	119,89	118,35	0,308	0,413
C4	97,13	96,62	0,102	0,153
C5	102,08	101,34	0,148	0,211
Rata-Rata				0,236

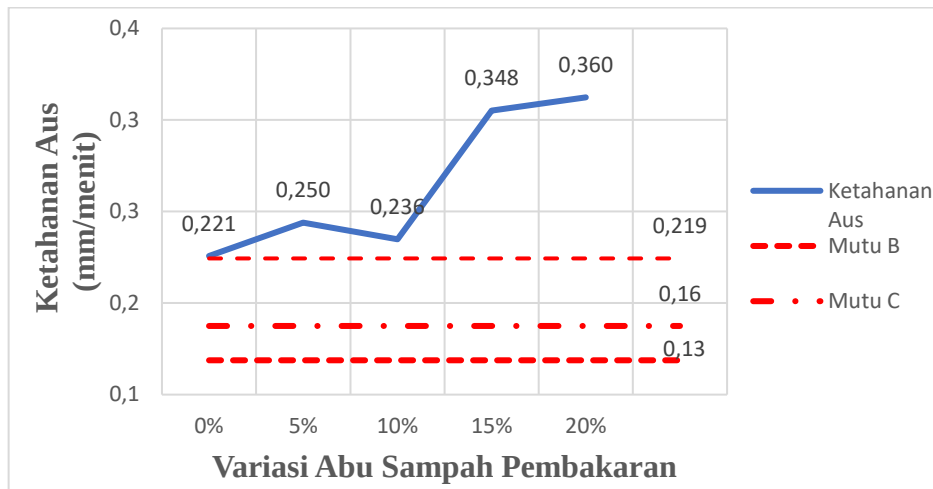
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi IV

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
D1	92,49	91,20	0,258	0,350
D2	110,28	108,03	0,450	0,592
D3	120,02	119,24	0,156	0,221
D4	95,08	94,39	0,138	0,198
D5	100,53	99,12	0,282	0,380
Rata-Rata				0,348

Tabel 5.26 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi V

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
E1	105,89	104,19	0,340	0,453
E2	94,57	93,06	0,302	0,405
E3	100,32	99,10	0,244	0,332
E4	87,07	86,28	0,158	0,224
E5	100,79	99,36	0,286	0,385
Rata-Rata				0,360

Berdasarkan tabel hasil pengujian ketahanan aus *paving block* di atas, dapat dibuat grafik yang menunjukkan nilai rata-rata ketahanan aus *paving block*. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Rekapitulasi hasil dan rekapitulasi mutu berdasarkan perhitungan ketahanan aus untuk semua variasi abu pembakaran sampah dapat dilihat pada Tabel 5.22 halaman berikut.

Tabel 5.27 Hasil Rekapitulasi dan Klasifikasi Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Variasi	Presentase (%)	Ketahanan Aus Rata-rata (mm/menit)	Ketahanan Aus Minimum (mm/menit)	Standar SNI 03-0691-1996		Mutu	Fungsi Paving Block
				Ketahanan Aus Rata-rata (mm/menit)	Ketahanan Aus Minimum (mm/menit)		
I	0	0,221	0,330	0,219	0,251	D	Taman
II	5	0,250	0,372	0,219	0,251	D	Taman
III	10	0,236	0,413	0,129	0,251	D	Taman
IV	15	0,348	0,592	-	0,251	-	-
V	20	0,360	0,453	-	0,251	-	-

Pada pengujian ketahanan aus *paving block* yang hasilnya dapat dilihat pada tabel dan grafik di atas, menunjukkan bahwa penambahan abu pembakaran sampah sebesar 5% hingga 20% bahwa penambahan tersebut mengalami penurunan nilai ketahanan aus *paving block*. Pada variasi normal tanpa substitusi abu pembakaran sampah, diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,221 mm/menit yang termasuk dalam klasifikasi mutu D. Variasi II menunjukkan kenaikan dengan nilai rata-rata sebesar 0,250 mm/menit namun masih termasuk dalam mutu D. Pada variasi III terjadi penurunan dengan nilai 0,236 mm/menit yang masih berada dalam kategori mutu D. Namun, pada variasi IV dan variasi V terjadi kenaikan nilai rata-rata sebesar 0,348 mm/menit dan 0,360 mm/menit yang tidak memenuhi syarat mutu sesuai SNI 03-0691-1996.

Kenaikan nilai keausan pada variasi IV dan variasi V menunjukkan penurunan mutu *paving block*. Hal ini karena abu pembakaran sampah yang terdiri dari partikel halus yang mengurangi daya ikat antar butiran agregat halus. Selain itu, abu pembakaran sampah meningkatkan risiko penggumpalan dan penyerapan air dalam campuran sehingga material menjadi kurang plastis. Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar abu pembakaran sampah, semakin tinggi nilai keausan, namun hal tersebut akan menurunkan mutu *paving block* berdasarkan standar SNI 03-0691-1996.

5.4.4 Pengujian Penyerapan Air

Pengujian terakhir adalah pengujian penyerapan air yang dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari. Setiap variasi menggunakan 5 *paving block* sebagai sampel uji dengan bentuk utuh seperti semula yaitu berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm sesuai dengan ketentuan SNI 03-0691-1996. Berikut ini adalah contoh perhitungan hasil pengujian penyerapan air *paving block* untuk substitusi abu pembakaran sampah sebesar 10% dengan tipe sampel C5.

Berat basah = 2273 gram

Berat kering = 2082 gram

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan air} &= \frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat kering}} \times 100\% \\ &= \frac{2273 - 2082}{2082} \times 100\%\end{aligned}$$

$$= 9,174\%$$

Untuk sampel tipe C1, C2, C3, dan C4 dapat dihitung seperti perhitungan pada tipe C5 di atas. Kemudian dapat dilakukan perhitungan rata-rata untuk mendapatkan nilai penyerapan air.

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan air rata-rata} &= \frac{\Sigma \text{Nilai Penyerpan air}}{\text{Jumlah Sampel}} \\ &= \frac{\Sigma 1,774 + 8,600 + 7,447 + 14,353 + 9,174}{5} \\ &= 8,263\%\end{aligned}$$

Berikut adalah hasil perhitungan pengujian penyerapan air *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.28 hingga Tabel 5.32.

Tabel 5.28 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi I

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
A1	2248	2055	9,392
A2	2364	2219	6,534
A3	2273	2099	8,290
A4	2317	2164	7,070
A5	2261	2092	8,078
Rata-rata			7,873

Tabel 5.29 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi II

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
B1	2350	2098	12,011
B2	2216	2087	6,181
B3	2347	2198	6,779
B4	2306	2143	7,606
B5	2299	2087	10,158
Rata-rata			8,547

Tabel 5.30 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi III

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
C1	2334	2294	1,744
C2	2311	2128	8,600
C3	2424	2256	7,447
C4	2438	2132	14,353
C5	2273	2082	9,174
Rata-rata			8,263

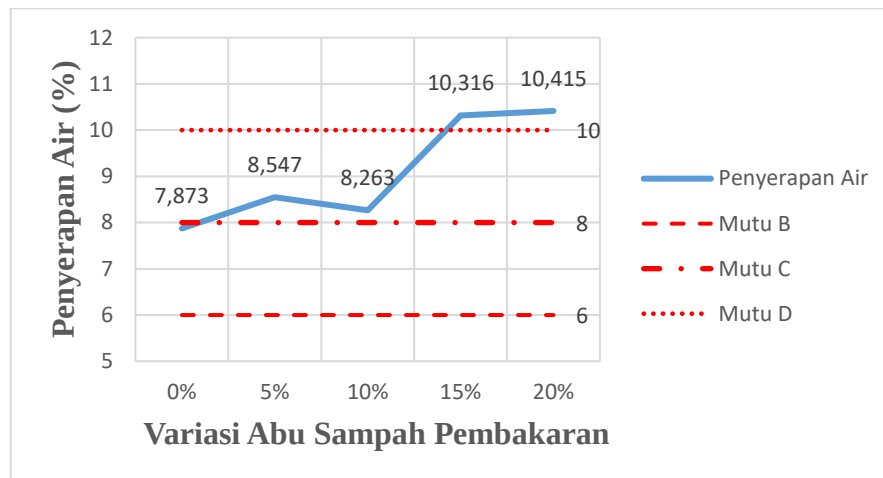
Tabel 5.31 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi IV

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
D1	2115	1864	13,466
D2	2159	1968	9,705
D3	2155	1998	7,858
D4	2171	1977	9,813
D5	2155	1946	10,740
Rata-rata			10,316

Tabel 5.32 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi V

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
E1	2291	2066	10,891
E2	2280	2111	8,006
E3	2242	2016	11,210
E4	2198	1997	10,065
E5	2247	2008	11,902
Rata-rata			10,415

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air *paving block* yang telah didapatkan pada tabel diatas, grafik nilai rata-rata penyerapan air dapat dibuat. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Grafik Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Berdasarkan hasil perhitungan dan grafik rata-rata pengujian penyerapan air *paving block* yang telah diperoleh, klasifikasi mutu *paving block* sesuai dengan SNI 03-1691-1996 dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut ini.

Tabel 5.33 Hasil Rekapitulasi dan Klasifikasi Mutu Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Variasi	Presentase (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Standar SNI 03-0691-1996	Mutu	Fungsi Paving Block
			Rata-rata maksimum (%)		
I	0	7,873	8	C	Pejalan Kaki
II	5	8,547	8	C	Pejalan Kaki
III	10	8,263	8	C	Pejalan Kaki
IV	15	10,316	10	D	Taman
V	20	10,415	10	D	Taman

Pengujian penyerapan air dilakukan dengan cara merendam *paving block* berukuran asli yaitu 20 cm x 10 cm x 6 cm selama 24 jam. Setelah perendaman, *paving block* ditimbang untuk mendapatkan berat basah. Selanjutnya, *paving block* dimasukan kedalam oven selama 24 jam dan kemudian setelah di oven ditimbang kembali untuk mendapatkan berat kering. Berdasarkan data tersebut, dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai penyerapan air *paving block*.

Berdasarkan hasil pengujian dan grafik yang telah diperoleh, nilai rata-rata penyerapan air *paving block* mengalami kenaikan dan penurunan. Pada variasi I normal nilai rata-rata penyerapan air sebesar 7,873% yang termasuk dalam mutu C. Variasi II menunjukkan kenaikan nilai rata-rata menjadi 8,547% yang termasuk dalam mutu C. Namun, pada variasi III terjadi penurunan nilai rata-rata sebesar 8,263% yang kembali masuk dalam mutu C. Sementara itu, pada variasi IV dan variasi V nilai rata-rata penyerapan air meningkat menjadi 10,316% dan 10,415% yang semuanya termasuk dalam klasifikasi mutu D.

Menurut SNI 03-0691-1996, semakin tinggi nilai penyerapan air, maka semakin rendah mutu *paving block*. Sebaliknya, semakin rendah nilai penyerapan air, semakin baik mutu *paving*. Berdasarkan grafik diatas, terjadi kenaikan nilai penyerapan air pada variasi III yang termasuk dalam kategori mutu C. Namun, pada variasi IV dan V, peningkatan nilai penyerapan air terjadi seiring dengan kadar abu pembakaran sampah yang digunakan. Hal ini dikarenakan abu pembakaran sampah terdiri dari partikel halus yang memiliki kemampuan menyerap air yang cukup tinggi. Partikel ini meningkatkan jumlah pori dalam *paving block* sehingga meningkatkan nilai porositas dimana semakin tinggi porositas, semakin besar jumlah air yang diserap. Peningkatan nilai penyerapan air akibat porositas yang lebih tinggi dapat menurunkan kuat tekan, karena air yang terserap dapat melemahkan ikatan antar partikel dalam *paving block*.

Selain itu, kuat tekan berkaitan dengan ketahanan aus dan penyerapan air. Semakin tinggi kuat tekan, semakin baik ketahanan aus karena *paving block* yang dihasilkan dapat menahan gesekan dan beban lebih baik. Sebaliknya, peningkatan porositas dan penyerapan air menyebabkan penurunan kuat tekan yang menyebabkan pada penurunan ketahanan aus. Dengan demikian, peningkatan kadar

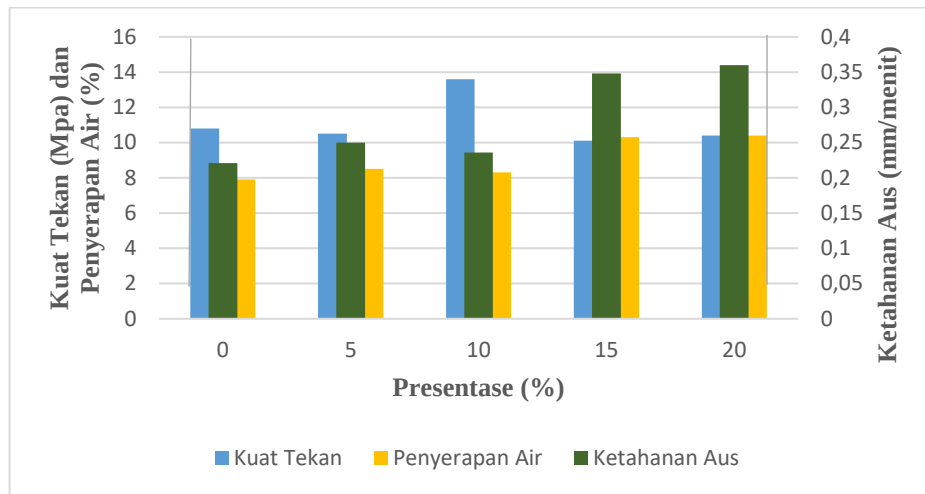
abu pembakaran sampah dapat meningkatkan porositas yang menyebabkan pada penurunan kuat tekan dan ketahanan aus *paving block*.

5.5 Pembahasan Keseluruhan

Berdasarkan pembahasan di atas, hasil pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, dan pengujian penyerapan air *paving block* menunjukkan bahwa pada presentase 10% substitusi abu pembakaran sampah dapat menghasilkan mutu terbaik. Pada variasi ini, nilai kuat tekan mencapai 13,588 MPa dan nilai penyerapan air sebesar 8,263% yang menunjukkan peningkatan pada kadar tersebut. Hal ini terjadi karena abu pembakaran sampah pada presentase 10% dapat mengikat dengan baik dan menghasilkan *paving block* menjadi lebih padat. Namun dengan meningkatnya kadar abu pembakaran sampah pada variasi IV dan variasi V, mutu *paving block* menjadi menurun. Hal ini disebabkan karena proses pencampuran terjadi penggumpalan sehingga pengikatan antara bahan agregat dan semen menjadi tidak maksimal dan banyak menyerap air yang membuat campuran tidak rata sehingga menyebabkan banyaknya rongga udara yang berakibat mutu *paving block* menjadi jelek. Dapat disimpulkan bahwa abu pembakaran sampah dapat meningkatkan mutu *paving block* normal pada kadar tertentu. Rekapitulasi mutu *paving block* dan grafik hasil keseluruhan pengujian sesuai dengan SNI 03-0691-1996 dapat dilihat pada Tabel 5.29 dan Gambar 5.5 berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Mutu *Paving Block*

Variasi	Presentase (%)	Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i>		
		Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
I	0	D	D	C
II	5	D	D	C
III	10	D	D	C
IV	15	D	-	D
V	20	D	-	D



Gambar 5.5 Grafik Diagram Keseluruhan Pengujian *Paving Block*

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian mengenai *paving block* dengan abu pembakaran sampah sebagai bahan substitusi agregat halus terhadap kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada pengujian kuat tekan, hasil menunjukkan bahwa *paving block* dengan substitusi abu pembakaran sampah dapat meningkatkan nilai kuat tekan secara optimum pada kadar presentase 10% jika dibandingkan dengan *paving block* normal dengan nilai 13,588 MPa yang termasuk dalam klasifikasi mutu D sebagai area Taman. Namun, terjadi penurunan pada kadar presentase 15% dan 20% dengan nilai masing-masing sebesar 10,068 MPa dan 10,431 MPa yang termasuk dalam klasifikasi mutu D.
2. Pada pengujian ketahanan aus, variasi presentase 0%, 5%, dan 10% menunjukkan nilai ketahanan aus masing-masing sebesar 0,221 mm/menit, 0,250 mm/menit, dan 0,236 mm/menit yang semuanya termasuk kedalam klasifikasi mutu D sebagai area taman. Namun, pada variasi presentase 15% dan 20% terjadi kenaikan nilai ketahanan aus menjadi 0,348 mm/menit dan 0,360 mm/menit yang tidak memenuhi kedalam standar klasifikasi mutu sesuai dengan SNI 03-0691-1996.
3. Pada pengujian penyerapan air pada *paving block* normal (0%) menunjukkan nilai sebesar 7,873% yang termasuk kedalam klasifikasi C dengan batas maksimum 8% dan berfungsi sebagai area pejalan kaki. Pada variasi dengan abu pembakaran sampah sebesar 10%, terjadi peningkatan nilai penyerapan air sebesar 8,263% tetapi tetap dalam klasifikasi mutu C. Pada variasi 15% dan 20% nilai penyerapan air meningkat lebih tinggi menjadi 10,316% dan 10,415% yang termasuk dalam klasifikasi D dengan batas maksimum 10% yang berfungsi

sebagai area temana. Hal ini menunjukka bahwa semakin besar penyerapan air, semakin rendah mutu *paving block*.

4. Berdasarkan hasil keseluruhan penelitaian, pemanfaatan abu pembakaran sampah sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada *paving block* dapat meningkatkan nilai pengujian kuat tekan dengan kadar presentase 10% dan pada pengujian penyerapan air dengan kadar presentase yang sama terjadi peningkatan nilai jika dibandingkan *paving block* normal, namun nilai tersebut masih berada dalam klasifikasi mutu C. Kadar presentase 10% ini sebagai variasi optimum dimana menghasilkan mutu yaitu mutu D sebagai area taman menurut SNI 03-0691-1996. Namun, seiring bertambahnya kadar presentase abu pembakaran sampah lebih dari 10%, maka mutu dari *paving block* mengalami penurunan.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk melanjutkan penelitian selanjutnya. Beberapa diantaranya sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan presentase yang optimal dari penggunaan abu pembakaran sampah pada campuran agar dapat meningkatkan mutu karena pada penelitian ini penggunaan abu pembakaran sampah semakin besar presentasinya maka dapat menurunkan mutu *paving block*.
2. Perlu dilakukan pengecekan karakteristik abu pembakaran sampah sebagai pengganti pasir.
3. Perlu digunakan bahan tambah lainnya agar dapat meningkatkan mutu *paving block*.
4. Untuk penelitian selanjutnya pada pemotongan *paving block* dipastikan *paving block* memiliki luas penampang rata, bebas dari gompal, dan retakan sehingga dalam pengujian dapat mendapatkan nilai yang rata pada bebannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartati, G. (2021). Volume 05 No. 01 - APRIL, 2021. *Analisis Pemanfaatan Sampah Anorganik Dan Abu Sekam Sebagai Bahan Paving Block Terhadap Uji Kuat Tekan*, 05(01).
- Putri, D., Kinasti, M. A., & Lestari, E. (2019). Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik sebagai Material Pengganti Pasir pada Bata Beton Pejal. *Jurnal Konstruksia*, 10(1), 39–50.
- Putri, D., & Kinasti, R. M. . (2019). Pemanfaatan Limbah Abu Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan Paving Block. *Sekolah Tinggi Teknik PLN*, 12(1), 1–7.
- Rosariawari, F. (2019). Pembuatan Paving Block Dari Campuran Limbah Abu Dan Sisa Pembakaran Sampah Domestik. *Jurnal Envirotek*, 9(1).
<https://doi.org/10.33005/envirotek.v9i1.1049>
- SK SNI T-15-1990-03. (1990). Perancangan Campuran Beton Dengan Metode SNI. In *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 03-0691. (1996). Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Bata beton (Paving block). *Sni 03-0691-1996*.
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- SNI 03-6861.1. (2002). Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam). *Badan Standar Nasional Indonesia*, 6861.
- SNI 15-2049-2004. (2004). Standar Nasional Indonesia SNI 15-2049-2004 Semen portland. *Journal of Nursing Measurement*, 10(1), 5–14.
- Suryan, V., Septiani, V., Nurfitri, M. A., Amalia, D., Silitonga, E., Chandra, P. W. A., & Febriansyah, A. (2024). Green Concrete: Residu Pembakaran Sampah Plastik Dan Tekstil Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus pada

Campuran Beton. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(1), 192.

<https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i1.348>

Tjokrodinuljo, K. (1992). *Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonan Penggunaan Laboratorium



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

Nomor : 117/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VI/2024
Hal : Permohonan Izin Peminjaman Laboratorium

Kepada Yth:
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Sehubungan dengan Penelitian untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini kami bermaksud mengajukan permohonan bantuan bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama : Firman Nur Rachman
NIM : 20511111
CP Mahasiswa : 0812 2861 4035
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Abu Sampah Pembakaran Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, Dan Penyerapan Air Paving Block

Melalui surat ini, kami mohon bantuan untuk dapat mengajukan permohonan izin peminjaman laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

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

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.



Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,
Dinia Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 12 Juni 2024
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

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

Benda Uji	Dimensi			Berat (Kg)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Beban (kN)	MPa
A1	60	60	60	412	3600,000	36	10,000
A2	62,5	61,5	60	428	3843,750	43	11,187
A3	60	61,5	60	442	3690,000	49	13,279
A4	61,5	62	60	406	3813,000	49	12,851
A5	62	62	60	435	3844,000	36	9,365
A6	60	60	61,5	411	3600,000	33	9,167
A7	61	62	60	427	3782,000	27	7,139
A8	62	62	60	460	3844,000	53	13,788
A9	62	60	60	431	3720,000	45	12,097
A10	61	60	60	443	3660,000	34	9,290
Rata-rata							10,816

Lampiran 3 Hasil Pengujian Ketahanan Aus

Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* (SNI 03-0691-1996)

Nama : Firman Nur Rachman
 NIM : 20511111
 Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Tugas Akhir

1. *Paving Block* Variasi 1 (+0% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
A1	88,02	87,47	0,55	5	0,110	0,163
A2	101,26	100,28	0,98	5	0,196	0,272
A3	102,07	101,67	0,40	5	0,080	0,125
A4	119,57	118,36	1,21	5	0,242	0,330
A5	93,48	92,72	0,76	5	0,152	0,216
Rata-rata						0,221

2. *Paving Block* Variasi 2 (+5% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
B1	100,35	99,26	1,09	5	0,218	0,299
B2	96,23	95,82	0,41	5	0,082	0,128
B3	110,03	109,58	0,45	5	0,090	0,138
B4	95,67	94,29	1,38	5	0,276	0,372
B5	98,37	97,22	1,15	5	0,230	0,314
Rata-rata						0,250

3. *Paving Block* Variasi 3 (+10% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
C1	91,07	90,74	0,33	5	0,066	0,108
C2	98,16	97,09	1,07	5	0,214	0,294
C3	119,89	118,35	1,54	5	0,308	0,413
C4	97,13	96,62	0,51	5	0,102	0,153
C5	102,08	101,34	0,74	5	0,148	0,211
Rata-rata						0,236

4. *Paving Block* Variasi 4 (+15% Abu Pembakaran Sampah)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
D1	92,49	91,20	1,29	5	0,258	0,350
D2	110,28	108,03	2,25	5	0,450	0,592
D3	120,02	119,24	0,78	5	0,156	0,221
D4	95,08	94,39	0,69	5	0,138	0,198
D5	100,53	99,12	1,41	5	0,282	0,380
Rata-rata						0,348

5. *Paving Block* Variasi 5 (+20% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
E1	105,89	104,19	1,70	5	0,340	0,453
E2	94,57	93,06	1,51	5	0,302	0,405
E3	100,32	99,10	1,22	5	0,244	0,332
E4	87,07	86,28	0,79	5	0,158	0,224
E5	100,79	99,36	1,43	5	0,286	0,385
Rata-rata						0,360

Lampiran 4 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* (SNI 03-0691-1996)

Nama : Firman Nur Rachman
 NIM : 20511111
 Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Tugas Akhir

1. *Paving Block* Variasi 1 (+0% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Selisih	Penyerapan Air (%)
A1	2248	2055	193	9,392
A2	2364	2219	145	6,534
A3	2273	2099	174	8,290
A4	2317	2164	153	7,070
A5	2261	2092	169	8,078
Rat-rata				7,873

2. *Paving Block* Variasi 2 (+5% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Selisih	Penyerapan Air (%)
B1	2350	2098	252	12,011
B2	2216	2087	129	6,181
B3	2347	2198	149	6,779
B4	2306	2143	163	7,606
B5	2299	2087	212	10,158
Rat-rata				8,547

3. *Paving Block* Variasi 3 (+10% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Selisih	Penyerapan Air (%)
C1	2334	2294	40	1,744
C2	2311	2128	183	8,600
C3	2424	2256	168	7,447
C4	2438	2132	306	14,353
C5	2273	2082	191	9,174
Rata-rata				8,263

4. *Paving Block* Variasi 4 (+15% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Selisih	Penyerapan Air (%)
D1	2115	1864	251	13,466
D2	2159	1968	191	9,705
D3	2155	1998	157	7,858
D4	2171	1977	194	9,813
D5	2155	1946	209	10,740
Rata-rata				10,316

5. *Paving Block* Variasi 5 (+20% Abu Pembakaran Sampah)

Benda Uji	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Selisih	Penyerapan Air (%)
E1	2291	2066	225	10,891
E2	2280	2111	169	8,006
E3	2242	2016	226	11,210
E4	2198	1997	201	10,065
E5	2247	2008	239	11,902
Rata-rata				10,415

Lampiran 5 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: 2557562235/Perpus./10/Dir.Perpus/XII/2024

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Firman Nur Rachman
Nomor Mahasiswa : 20511111
Pembimbing : Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ Teknik Sipil
Judul Karya Ilmiah : PEMANFAATAN ABU SAMPAH PEMBAKARAN SEBAGAI
PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT
TEKAN, KETAHANAN AUS, DAN PENYERAPAN AIR PAVING
BLOCK

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **17 (Tujuh Belas) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 12/23/2024

Direktur



Muhammad Jamil, SIP.

Lampiran 6 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalirejo km 14.5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 818444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 144/Ka.Lab/60/LBKT/XI/2024

Bismillahirrohmanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK : 165111301
Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII
Dengan ini menerangkan bahwa :
Nama : Firman Nur Rachman
NIM : 20511111
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir "PEMANFAATAN ABU SAMPAH PEMBAKARAN SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN KETAHANAN AUS, DAN PENYERAPAN AIR PAVING BLOK" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya".

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 11 Desember 2024

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.

Di data oleh :
PLP/Teknisi

Win Fauzi Ahmadi, S.Tr.T.