

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU
MAHONI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN
SEMEN PADA MUTU *PAVING BLOCK***

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



**Faiz Aulia Rahman
17511170**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU MAHONI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA MUTU *PAVING BLOCK*

Disusun oleh

Faiz Aulia Rahman
17511170

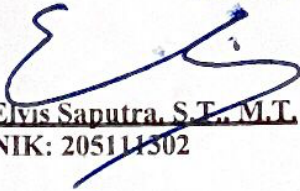
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 26 April 2024

Oleh Dewan Penguji


Pembimbing I

28/6/24

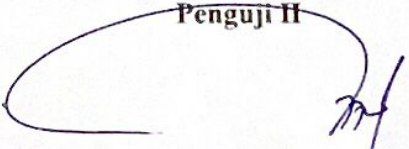

Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK: 205111302

Penguji I

28.06.24


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


Penguji II


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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 21 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,

A 10,000 Rupiah adhesive stamp (Meteral Tempel) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', and 'METERAL TEMPEL'.

Faiz Aulia Rahman

(17511170)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh penggunaan Abu Serbuk Kayu Mahoni Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Mutu *Paving Block*. Tugas Akhir adalah salah satu syarat untuk mendapatkan derajat sarjana Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penulis memiliki banyak pihak yang memberi bantuan dan dukungan selama mengerjakan tugas akhir ini. Maka, penulis dengan hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada:

1. Kedua Orang Tua beserta abang dan kakak yang selalu mendoakan, mendidik dan selalu memotivasi dengan penuh kesabaran serta kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I
4. Bapak Jafar, S.T., MURP., M.T. selaku Dosen Penguji II
5. Ibu Ir.Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng.,IPM. selaku ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 21 Juni 2024

Penulis,

Faiz Aulia Rahman

(17511170)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Keaslian Penelitian.....	10
BAB III LANDASAN TEORI.....	15
3.1 Umum.....	15
3.2 Kelebihan dan Kelemahan <i>Paving block</i>	16
3.3 Bahan Penyusun <i>Paving block</i>	17

3.4	Klasifikasi	18
3.5	Syarat Mutu	18
3.6	Material Penyusun	20
3.6.1	Semen Portland (<i>Portland Cement</i>)	20
3.6.2	Air	24
3.6.3	Kekuatan Pasta Semen dan Faktor Air Semen.....	25
3.6.4	Agregat Halus	25
3.6.5	Abu Serbuk Kayu.....	27
3.7	Uji Material.....	29
3.7.1	Semen Portland	29
3.7.2	Agregat Halus	30
3.7.3	Air	34
3.8	Abu Serbuk Kayu Mahoni.....	34
3.9	Perencanaan Campuran Paving Block.....	36
3.10	Perawatan Paving block.....	37
3.11	Pengujian Paving block	37
BAB IV METODE PENELITIAN.....		41
4.1	Tinjauan Umum.....	41
4.2	Data Material Paving Block	42
4.3	Benda Uji.....	43
4.4	Lokasi Penelitian	44
4.5	Waktu Penelitian.....	44
4.6	Peralatan	44

4.7	Pelaksanaan Penelitian.....	50
4.8	Bagan Alir Pengujian (<i>Flow Chart</i>)	57
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		60
5.1	Deskripsi.....	60
5.2	Hasil Pengujian Bahan.....	60
5.2.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	60
5.2.2	Hasil Pengujian Abu Serbuk Kayu Mahoni	65
5.3	Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Paving Block.....	67
5.3.1	Perhitungan Kebutuhan Agregat Halus.....	68
5.3.2	Perhitungan Kebutuhan Abu Serbuk Kayu Mahoni.....	68
5.4	Hasil Pengujian <i>Paving Block</i>	69
5.5	Keseluruhan Pembahasan	88
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		90
6.1	Kesimpulan	90
6.2	Saran	91
DAFTAR PUSTAKA.....		92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan.....	11
Tabel 3. 1 Sifat-Sifat Fisika Bata Beton.....	19
Tabel 3. 2 Batas dari Gradasi Pasir	27
Tabel 3. 3 Sifat-sifat Hasil Pembakaran Serbuk Kayu	28
Tabel 4. 1 Rincian Benda Uji	41
Tabel 4. 2 Data Material Paving Block	42
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus.....	61
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	63
Tabel 5. 3 Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	64
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur	65
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Serbuk Kayu Mahoni.....	66
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Abu Serbuk Kayu Mahoni.....	67
Tabel 5. 7 Komposisi Kebutuhan Campuran Paving Block.....	69
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi	71
Tabel 5. 9 Penggolongan Mutu Kuat Tekan Paving Block.....	75
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 0%	78
Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 14%	78
Tabel 5. 12 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 16%	79
Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 18%	79
Tabel 5. 14 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 20%	80
Tabel 5. 15 Penggolongan Mutu Ketahanan Aus Paving Block	82
Tabel 5. 16 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 0%	84
Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 14%	84
Tabel 5. 18 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 16%	85
Tabel 5. 19 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 18%	85

Tabel 5. 20 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 20%	86
Tabel 5. 21 Penggolongan Mutu Penyerapan Air Paving Block.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Sketsa Benda Uji terhadap Kuat Tekan	38
Gambar 3. 2 Sketsa Benda Uji terhadap Ketahanan Aus	39
Gambar 3. 3 Sketsa Benda Uji Terhadap Penyerapan Air.....	40
Gambar 4. 1 Dimensi Paving Block Asli	43
Gambar 4. 2 Dimensi Paving Block Kubus untuk pengujian kuat tekan	43
Gambar 4. 3 Dimensi Paving Block untuk pengujian ketahanan aus Sesuai SNI.....	44
Gambar 4. 4 Bagan Alir Penelitian.....	58
Gambar 5. 1 Grafik Hasil Analisa Saringan Halus.....	62
Gambar 5. 2 Diagram pengujian Kuat Tekan pada Paving Block.....	74
Gambar 5. 3 Grafik Pengujian Ketahanan Aus	81
Gambar 5. 4 Grafik Pengujian Penyerapan Air Paving Block	86

ABSTRAK

Dalam bidang konstruksi di Indonesia, persentase kebutuhan *Paving block* dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang sangat besar. Hal ini mempengaruhi jumlah kebutuhan material konstruksi yang akan digunakan. Untuk mengurangi jumlah biaya konstruksi bangunan dan mengurangi akibat negatif dari pencemaran lingkungan yang sering terjadi, banyak cara yang dapat dilakukan salah satunya dengan memanfaatkan limbah serbuk kayu mahoni yang memiliki kandungan silika setelah diproses menjadi abu serbuk kayu mahoni.

Penelitian dilaksanakan dari awal pembuatan paving block yang memiliki persentase variasi abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti Sebagian semen sebesar 0%, 14%, 16%, 18% dan 20%. Setelah proses pembuatan, paving block yang telah dirawat selama 28 hari kemudian dikeringkan ke dalam suhu ruangan selama 1 hari. Setelah itu, paving block di uji sesuai dengan yang aturan pada SNI 03-0691-1996.

Sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilakukan, hasil nilai variasi dari pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air yang optimum terletak pada variasi 16% yang memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 20,068 MPa, ketahanan aus rata-rata sebesar 0,131 mm/menit, dan penyerapan air rata-rata sebesar 6,517%.

Kata Kunci : Abu Serbuk Kayu Mahoni, *Paving Block*, Pengujian Paving Block

ABSTRACT

In the construction sector in Indonesia, the percentage of need for paving blocks has increased significantly from year to year. This affects the amount of construction material needed to be used. To reduce the total cost of building construction and reduce the negative consequences of environmental pollution that often occur, there are many ways that can be done, one of which is by utilizing mahogany wood powder waste which contains silica after being processed into mahogany wood powder ash.

The research was carried out from the beginning of making paving blocks which had varying percentages of mahogany sawdust ash as a partial cement replacement of 0%, 14%, 16%, 18% and 20%. After the manufacturing process, the paving blocks that have been treated for 28 days are then dried at room temperature for 1 day. After that, the paving blocks are tested according to the rules in SNI 03-0691-1996.

In accordance with the results of the tests that have been carried out, the results of variations in compressive strength, wear resistance and optimum water absorption tests are located at 16%, with an average compressive strength value of 20.068 MPa, average wear resistance of 0.131 mm/minute. , and average water absorption of 6.517%.



Keywords: *Mahogany Wood Powder Ash, Paving Block, Paving Block Testing*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam bidang konstruksi di Indonesia, persentase kebutuhan *paving block* dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang sangat besar. Hal ini mempengaruhi jumlah kebutuhan alat dan material konstruksi yang lebih yang akan digunakan. Terutama untuk material yang sering digunakan adalah bata beton (*paving block*) karena proses pembuatannya yang mudah, dilakukan secara umum, dan mudah dalam proses pemasangannya.

Paving block adalah salah satu produk konstruksi yang biasa digunakan dalam perkerasan jalan, halaman rumah, trotoar dan lain-lainnya. Dalam pembuatannya, *paving block* menggunakan susunan bahan sama seperti beton yaitu semen, agregat halus, dan air. Dapat diketahui juga bahwa kelebihan *paving block* yakni dari segi prosesnya, salah satu kemudahan dalam pemasangannya. Tidak seperti aspal maupun beton, karena *paving block* berbentuk kecil-kecil maka sangat mudah dan cepat untuk dipasang tanpa memerlukan keperluan khusus. Menurut standar SNI 03-0691 tahun 1996, *paving block* atau Bata Beton adalah komponen material bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat lainnya, air, serta agregat tanpa material tambahan lain yang tidak mengurangi mutu.

Untuk mengurangi jumlah biaya konstruksi bangunan dan mengurangi akibat negatif dari pencemaran lingkungan yang sangat sering terjadi, banyak cara yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan limbah serbuk kayu yang sangat mudah ditemukan pada industri-industri kayu. Pemanfaatan limbah serbuk kayu ini bisa disebut masih kurang baik dan akan memberikan dampak negatif untuk lingkungan sekitar. Untuk beberapa contoh kasus yang umum terjadi yaitu seperti membiarkan dan membuang limbah serbuk kayu menumpuk hingga membusuk dan menyebabkan

limbah serbuk kayu tersebut dibuang atau dibakar begitu saja daripada dimanfaatkan, tanpa kita ketahui hal ini bisa menambah tingkat pencemaran lingkungan. Satu dari banyak cara yang bisa dilaksanakan untuk mengurangi dampak tidak baik dari limbah ini yaitu dengan memanfaatkannya menjadi suatu produk yang memiliki nilai tambah dengan teknologi aplikatif dan memiliki manfaat untuk masyarakat sehingga mudah untuk digunakan, untuk contoh sebagai bahan substitusi sebagian semen pada pembuatan *paving block*, di dalam SNI 03-0691-1996 disebutkan bahwa *Paving Block* merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran agregat, air, semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu paving block itu sendiri.

Dalam penelitian ini, jenis serbuk kayu yang akan digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada pembuatan *paving block* adalah serbuk kayu dari kayu mahoni yang banyak ditemukan di daerah tropis, yang kemudian serbuk kayu mahoni diproses menjadi abu serbuk kayu mahoni. Penelitian yang dilakukan oleh Alip Nur (2022), nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air yang optimum terdapat pada variasi 15% dari berat semen. Selanjutnya, Fengel dan Wegenre (1995) juga menjelaskan bahwa komponen-komponen anorganik semuanya ada didalam abu kayu, sisa setelah bahan organik dibakar. Komponen utama abu kayu adalah kalium, kalsium dan magnesium sedangkan kayu di daerah tropis yang terbanyak adalah silika. Faktor peneliti menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti Sebagian semen yaitu karena kandungan silika yang ada pada abu serbuk kayu mahoni memiliki nilai sebesar 0,34% (Pari & Hartoyo, 1990), dengan kandungan silika sebesar ini menjadikan kayu mahoni masuk ke salah satu kayu yang memiliki kandungan silika yang tinggi, bahkan sering digunakan sebagai bahan material maupun bahan pada industri-industri kayu pada umumnya. Namun salah satu keuntungan dari nilai kandungan silika yang tinggi yaitu terletak pada pengurangan penggunaan semen.

Serbuk kayu Mahoni diproses dengan pembakaran hingga menjadi abu serbuk yang akan menjadi bahan pengganti sebagian semen. Salah satu faktor yang melatar

belakangi abu serbuk kayu mahoni digunakan yaitu pada keberlanjutan lingkungan, yang mana penggunaan abu serbuk kayu sebagai pengganti sebagian semen dapat membantu mengurangi konsumsi bahan baku yang terbatas, seperti semen, dimana memiliki dampak lingkungan yang signifikan dalam produksi. Jika serbuk kayu adalah hasil sampingan dari industri pengolahan kayu, penggunaannya dapat membantu mendaur ulang limbah tersebut dengan cara yang berkelanjutan salah satunya yaitu dengan cara dilakukan pembakaran.

Berdasarkan penjelasan diatas, peneliti akan melakukan pengujian pada *paving block* dengan menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan jumlah variasi sebesar 0%,14%,16%,18%, dan 20% dari berat semen yang pengujiannya ditinjau dari nilai kuat tekan pada 28 hari. Selanjutnya dari nilai keausan dan penyerapan air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh nilai kuat tekan *paving block* dengan penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen?
2. Bagaimana pengaruh nilai daya serap air *paving block* dengan penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen?
3. Bagaimana pengaruh nilai ketahanan aus *paving block* dengan penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen?
4. Berapa persentase terbaik dari komposisi campuran abu serbuk kayu mahoni agar menghasilkan mutu *paving block* yang tinggi

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang dirumuskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai kuat tekan *paving block* dengan penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen.
2. Mengetahui nilai serapan air *paving block* dengan penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen.
3. Mengetahui tingkat keausan *paving* dengan penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen.
4. Mengetahui nilai persentase terbaik dari komposisi campuran abu serbuk kayu mahoni agar menghasilkan mutu *paving block* yang tinggi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penulis mendapat pengetahuan dan ilmu baru tentang penelitian yang telah dilakukan.
2. Untuk memberikan informasi kepada masyarakat tentang pengembangan ilmu teknologi bahan konstruksi khususnya terhadap *paving block*.
3. Untuk memberikan salah satu referensi dan contoh pada peneliti selanjutnya dalam penambahan bahan tambah yang akan digunakan
4. Mengurangi pencemaran lingkungan yang dihasilkan dengan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah terhadap *paving block*.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dimaksudkan agar tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka dari itu batasan-batasan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan uji kuat tekan, keausan, dan penyerapan air pada *paving block*
2. Penelitian dilakukan di dalam Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia.
3. Penelitian menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah *paving block*.

4. Campuran bahan menggunakan perbandingan semen:pasir sebesar 1:6 dengan nilai fas sebesar 0,35 dari berat semen.
5. Agregat halus yang digunakan berasal dari Gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan 10 mm.
6. Semen yang digunakan yaitu semen PCC dari PT. Semen Tiga Roda.
7. Air yang dipakai berasal dari kran yang berada di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
8. Jumlah benda uji sebanyak 100 buah *paving block*
9. Serbuk kayu mahoni yang digunakan didapatkan di Jalan Kaliurang kilometer 14,5. Lalu pelaksanaan pembakaran serbuk kayu mahoni hingga menjadi abu serbuk kayu mahoni dilaksanakan di daerah Bantul, Yogyakarta.
10. Pengujian dilaksanakan pada umur 28 hari dan melakukan perawatan benda uji

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Sebagai bahan referensi pada penelitian ini, penulis memaparkan penelitian terdahulu sebagai bahan referensi yang dilakukan penulis beberapa penelitian sejenis yang telah dilakukan. Adapun penelitian tersebut adalah sebagai berikut

Penelitian dengan judul Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu *Paving Block* dilakukan oleh Alip Nur (2022) dengan kesimpulan nilai kuat tekan pada *paving block* dengan variasi 0%, 5%, 10% dan 15%, kemudian mengalami penurunan pada variasi 20% dan sedikit meningkat pada variasi 25%. Nilai kuat tekan *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai kuat tekan sebesar 22,454 MPa yang termasuk pada mutu B. Substitusi sebagian semen dengan menggunakan abu serbuk kayu mahoni pada pembuatan paving block dapat menurunkan nilai keausan *paving block* pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15%. Dengan jumlah nilai keausan *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai keausan sebesar 0,106 mm/menit yang mengalami penurunan sebesar -49,663% dari *paving block* normal dan termasuk pada mutu B. Substitusi sebagian semen yang menggunakan abu serbuk kayu mahoni terhadap pembuatan paving block akan menurunkan nilai penyerapan air *paving block* pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15%. Nilai penyerapan air *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai penyerapan air sebesar 7,319% yang mengalami penurunan sebesar -37,963% dari paving block normal dan termasuk pada mutu C.

Penelitian dengan judul pemanfaatan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah pembuatan *paving block* yang dilakukan oleh Jauzi dkk (2012) untuk mencari

nilai kuat tekan optimum berdasarkan SNI 03-0691-1996. Tujuannya yaitu untuk mengetahui nilai kuat tekan optimum terhadap *paving block* yang dihasilkan oleh *paving block* itu sendiri dengan menggunakan bahan tambah abu serbuk kayu mahoni dengan penambahan perbandingan berat semen 0%, 5%, 10% dan 15%. kesimpulan dari penelitian ini dinyatakan bahwa nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pervariasinya yaitu sebesar 243 kg/cm², 306 kg/cm², 421 kg/cm², 254 kg/cm².

Penelitian dengan judul Penambahan Abu Serbuk Kayu Jati terhadap Daya Serap Air, Keausan, dan Kuat Tekan pada *Paving Block* dilakukan oleh Asteria (2016) dengan kesimpulan penelitian yang beliau dapatkan yaitu dari pengujian kuat tekan rata-rata *paving block* didapatkan secara berturut-turut sebesar 23,670 MPa, 33,580 MPa, 27, 832 MPa dan 30,781 MPa. Daya serap *paving block* dengan penambahan abu serbuk kayu jati dengan kadar abu 0%, 18%, 20% dan 22% secara berturut-turut sebesar 7,02%, 6,72%, 7,02%, 6,34%. Sedangkan keausan *paving block* dengan penambahan abu serbuk kayu Jati dengan kadar abu 0%, 18%, 20% dan 22% secara berturut-turut yang didapat sebesar 0,1212 mm/menit, 0,2766 mm/menit, 0,3480 mm/menit dan 0,3648 mm/menit. Namun, dapat disimpulkan bahwa kuat tekan yang paling tinggi didapat setelah penambahan abu serbuk kayu jati sebesar 18% dengan kuat tekan yang dimiliki sebesar 35,867 MPa. Berdasarkan SNI *paving block*, penambahan abu dengan kadar sebesar 18% yang masuk dalam mutu kelas B yang masuk ke dalam fungsi untuk pelataran parkir. Selanjutnya untuk daya serap, daya serap yang paling rendah pada saat penambahan abu serbuk kayu jati didapat sebesar 22% dengan nilai daya serap sebesar 6,331%. Dari hasil daya serap ini, penambahan abu sebesar 22% ini termasuk kedalam mutu C yang berguna untuk pejalan kaki. Untuk sisi keausan, nilai keausan pada saat penambahan abu serbuk kayu jati sebesar 0% dengan nilai yang didapat sebesar 0,1212 mm/menit. Maka nilai keausan dengan penambahan abu serbuk kayu jati dengan kadar 0% masuk ke dalam mutu B untuk pelataran parkir.

Penelitian dengan judul Pengaruh Penambahan Serat Ijuk dan *Silica Fume* pada Karakteristik *Paving Block* (*Additional Effect of Ijuk Fiber and Silica Fume on The Characteristics of Paving Block*) oleh Revano (2018) dengan kesimpulan penelitian yang beliau lakukan yaitu dari pengujian kuat tekan rata-rata *paving block* dengan penambahan *silica fume* 5% dan serat ijuk 3% dengan panjang serat 2 cm, 4 cm, dan 6 cm berturut-turut yaitu sebesar 462,3 kg/cm², 417,1 kg/cm², 262,1 kg/cm². maka *paving block* dengan variasi *silica fume* 5% dan panjang serat ijuk sebesar 2 cm memiliki kuat tekan yang paling besar yaitu sebesar 462,3 kg/cm² atau sebesar 45,5 MPa. Berdasarkan SNI-03-0691-1996 yang masuk kedalam kategori *paving block* mutu A untuk kegunaan sebagai jalan. Lalu, daya serap air *paving block* dengan Panjang serat 2 cm, 4 cm, dan 6 cm berturut-turut yaitu sebesar 3,77%, 5,93%, dan 7,05%. Daya serap air *paving block* mengalami peningkatan berdasarkan penambahan panjang serat ijuk. Semakin Panjang serat ijuk, semakin besar daya serap air yang didapat. Variasi 1 pada *paving block* memiliki daya serap air yang lebih tinggi dari pada yang normal, ini masuk ke mutu kelas B. Variasi 2 pada *paving block* memiliki daya serap air yang lebih tinggi dari pada yang normal, ini masuk ke mutu kelas B. Sedangkan variasi 3 pada *paving block* masuk ke dalam kategori mutu kelas C yang digunakan untuk pejalan kaki. Untuk uji keausan memiliki peningkatan terhadap semua variasi *paving block*, dimana berturut-turut peningkatan ketahanan keausan yang didapat sebesar 0,0120 mm/detik, 0,0122 mm/detik, dan 0,0123 mm/detik. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang masuk ke dalam mutu kelas A.

Penelitian dengan judul Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Jati terhadap Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Daya Serap Air *Paving Block* oleh Garry (2016) dengan kesimpulan penelitian yang beliau lakukan yaitu dari pengujian kuat tekan *paving block* rata-rata untuk *paving block* dengan campuran 0%, 15%, 17,5%, 20% dan 22,5% abu serbuk kayu jati dimana kuat tekan *paving block* termasuk kedalam mutu B yang digunakan untuk pelataran parkir. Untuk *paving block* yang diberi bahan tambah serbuk kayu jati mengalami kondisi maksimal pada variasi 17,5%. Untuk nilai kuat lentur berbanding lurus dengan hasil nilai kuat tekan *paving block*, yang

manan serbuk jati yang menjadi bahan tambah pada *paving block* mengalami kondisi maksimal yang sama pada variasi 17,5%. Untuk daya serap air *paving block* yang didapat dengan penambahan abu serbuk kayu jati, dapat disimpulkan dan termasuk kedalam kategori mutu C. Berat yang dimiliki *paving block* itu sendiri mempengaruhi besarnya nilai daya serap air. Semakin kecil berat volume maka semakin besar nilai daya serapnya.

Penelitian dengan judul Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, Penyerapan Air dan Kuat Tarik Belah *paving block* oleh Galih (2018) pengujian kuat tekan *paving block* yang didapat sebesar 3,33% hingga menjadi 16,81 MPa, lalu untuk pengujian ketahanan aus yang didapat berkurang dari 6,08% hingga menjadi 0,1556 mm/menit, untuk pengujian penyerapan air yang berkurang dari 4,84% hingga menjadi 9,28%. Dari penelitian ini dapat juga disimpulkan juga bahwa penambahan serat serbuk kelapa memiliki optimal sejumlah 2,0% yang mana tidak meningkatkan kelas mutu *paving block* itu sendiri (sesuai SNI) dan tetap masuk kedalam mutu D. Penambahan serat sabut kelapa juga meningkatkan hasil dari uji kuat tarik belah pada *paving block* yang cukup kelihatan. Untuk hasil dari pengujian kuat tarik belah penambahan serat sabut kelapa optimal yang didapat sebesar 2,0%. Pada penambahan ini, kuat tarik belah *paving block* bertambah hingga sebesar 10,56% menjadi 1,93 Mpa.

Penelitian dengan Judul Perbandingan Harga *Paving block* konvensional dengan *Paving Block* Campuran Bahan Tambah Ampas Tebu oleh Hadyan (2018). Dengan kesimpulan yang beliau dapatkan yaitu pengujian kuat tekan terhadap *paving block* yang diberi bahan campuran abu ampas tebu memiliki nilai kuat tekan yang tinggi bahkan melebihi, jika dibandingkan dengan *paving block* SNI dalam pengujian ini. Nilai kuat tekan berturut-turut benda uji SNI dari persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% yang didapat yaitu sebesar 20,012 MPa, 21,857 MPa, 24,082 MPa, 22,900 MPa, 22,021 MPa, dan 21,668 MPa dengan nilai kuat tertinggi yang didapat pada benda uji 2,5% dengan nilai sebesar 24,082. Selanjutnya untuk pengujian penyerapan air yang didapat lebih rendah dari *paving block* SNI yang digunakan untuk pengujian ini.

Persentase penyerapan air dari benda uji 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% yang didapat yaitu sebesar 3,56%, 6,13%, 7,45%, 9,01%, dan 10,47 %. Dari hasil penyerapan air tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan menaikkan jumlah kadar abu ampas tebu akan menyebabkan dan meningkatkan penyerapan air pada *paving block* tersebut.

2.2 Keaslian Penelitian

Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil sesungguhnya dan bukan dari hasil jiplakan (plagiasi) dari hasil penelitian sebelumnya. Namun, penelitian sejenis ini sebelumnya sudah pernah dilakukan, tetapi penelitian ini memiliki beberapa hal-hal pokok yang membedakan dengan penelitian sebelumnya yaitu terletak pada subjek dan objek penelitian. Subjek pada penelitian ini adalah penambahan limbah pecahan keramik, sedangkan objek penelitian ini adalah pengujian kuat tekan, keausan, pengujian daya serap *paving block*. Adapun referensi dan hasil pemikiran orang lain yang dimana sudah disebutkan sumber-sumbernya sesuai aturan yang telah berlaku dan dicantumkan pada daftar pustaka.

Perbedaan yang terdapat di dalam penelitian tugas akhir ini dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu pengembangan dari penelitian itu sendiri. Penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah melakukan pengembangan pada abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah campuran pada *paving block* dengan variasi persentase tambahan sebesar 0%, 8%, 12%, 16%, dan 20%. Lalu berdasarkan beberapa tinjauan Pustaka yang diperoleh, berikut beberapa kesimpulan dari penelitian terdahulu yang terdapat pada Tabel 2.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian yang dilakukan
Nama	Revano	Hadyan	Galih	Alip	Faiz
Tahun	(2018)	(2018)	(2018)	(2022)	(2023)
Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan Serat Ijuk dan <i>Silica Fume</i> pada Karakteristik <i>Paving Block</i>	Perbandingan Harga <i>Paving Block</i> Konvensional dengan <i>Paving Block</i> Campuran Bahan Tambah Ampas Tebu	Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, Penyerapan Air dan Kuat Tarik Belah <i>paving block</i>	Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu <i>Paving Block</i>	Pengaruh Abu Serbuk Kayu Mahoni sebagai Bahan Tambah terhadap Uji Tekan <i>Paving Block</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian yang dilakukan
Nama	Revano	Hadyan	Galih	Alip	Faiz
Tahun	(2018)	(2018)	(2018)	(2022)	(2023)
Tujuan Penelitian	Mengetahui nilai kuat tekan, keausan, dan daya serap air pada penambahan bahan serat ijuk dan <i>silica fume</i> dalam keadaan kering maupun basah	Mengetahui nilai kuat tekan, daya serap air, dan persentase pada penambahan abu ampas tebu	Mengetahui apakah penambahan serat sabut kelapa dapat meningkatkan Mutu paving block sesuai SNI	Menganalisa nilai kuat tekan dan nilai daya serap air dari abu serbuk kayu paving block dengan substitusi Sebagian semen	Mengetahui nilai kuat tekan <i>paving block</i> yang diberi bahan tambah abu serbuk kayu mahoni.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terhdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian yang dilakukan
Nama	Revano	Hadyan	Galih	Alip	Faiz
Tahun	(2018)	(2018)	(2018)	(2022)	(2023)
Metode Penelitian	Bahan tambah Silica fume yang sebesar 5% dari berat semen dan bahan tambah serat ijuk yang sebesar 3%	Persentase abu ampas tebu sebesar 0%,2,5%, 5%, 7%, 10%	Persentase serat sabut kelapa sebesar 0%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 2,5% dari berat semen	Subtitusi Sebagian semen dari abu serbuk kayu mahoni sebesar 0%,5%,10%,15%,20% dan 25% dari berat semen	.abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi 0%,14%,16%,18%, dan 20% dari berat semen

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian yang dilakukan
Nama	Revano	Hadyan	Galih	Alip	Faiz
Tahun	(2018)	(2018)	(2018)	(2022)	(2023)
Hasil Penelitian	Pada pengujian kuat tekan <i>Paving block</i> variasi 1 dan 2 memenuhi syarat mutu kelas A pada SNI 03-0691- 1996	Dari hasil penyerapan air tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan menaikkan jumlah kadar abu ampas tebu akan ada peningkatan	disimpulkan juga bahwa penambahan serat serbuk kelapa memiliki optimal sejumlah 2,0% yang mana tidak meningkatkan kelas mutu <i>paving block</i> itu sendiri (sesuai SNI) dan tetap mauk kedalam mutu D.	Nilai kuat tekan <i>paving block</i> optimum terdapat pada <i>paving block</i> dengan variasi 15% dengan nilai kuat tekan sebesar 22,454 MPa yang termasuk pada mutu B.	Nilai kuat tekan <i>paving block</i> optimum terdapat pada <i>paving block</i> dengan variasi 16% dengan nilai kuat tekan sebesar 20,068 MPa yang termasuk pada mutu B.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis lainnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu sendiri (SNI 03-0691-1996). *Paving block* juga memiliki fungsi sesuai dengan berbagai jenis mutu yang tersedia. Lalu pembuatan *paving block* akan lebih mudah jika dibandingkan dengan pembuatan beton. Namun, untuk perawatan dan komposisi bahan bisa dibilang hampir sama dengan beton. Menurut Balai Penelitian Bahan dan Bangunan (1984), pengertian *paving block* adalah batu cetak tertentu yang dipakai sebagai bahan penutup halaman tanpa memakai adukan dalam pemasangannya (mortar), pengikatannya terjadi karena masing-masing batu cetak saling mengunci satu sama lainnya. Batu cetak halaman juga dibuat dengan mencetak campuran semen portland dan pasir tanpa adiktif. *Paving block* memiliki berbagai macam bentuk, salah satunya berbentuk persegi Panjang layaknya sebuah batu bata. Kelebihan utama pada *paving block* yaitu memiliki daya serap air yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan aspal dan beton. Air lebih mudah terserap oleh tanah karena masih terdapat ruang antar satu *block* dengan *block* yang lain. Salah satu contohnya yakni *paving block* yang dipasang pada halaman rumah berguna untuk mencegah genangan air karena sifatnya yang menyerap sebanyak 60%. *paving block* merupakan salah satu jenis beton *non-structural* yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan jalan, pelataran parkir, trotoar, taman, dan keperluan lainnya. Bata beton juga terbuat dari campuran semen *portland* tipe I dan air serta agregat sebagai bahan pengisi.

Paving block memiliki kelemahan yakni mudah bergelombang bila pondasinya tidak kuat dan kurang nyaman untuk kendaraan dengan kecepatan tinggi. Sehingga

perkerasan *paving block* hanya cocok untuk mengendalikan kecepatan kendaraan di lingkungan permukiman dan perkotaan yang padat.

3.2 Kelebihan dan Kelemahan *Paving block*

Paving block memiliki beberapa kelebihan dibandingkan material lain diantaranya:

1. Kelebihan *paving block* yang utama adalah memiliki daya serap air yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan aspal dan beton. Air lebih mudah terserap oleh tanah karena masih terdapat ruang antar satu *block* dengan *block* yang lain. Berdasarkan beberapa kajian ilmiah menunjukkan bahwa kurang lebih 60% air hujan dapat meresap ke tanah melalui celah antara susunan *paving block*.
2. Pemasangan terhadap *paving block* lebih cepat dan lebih mudah karena tidak membutuhkan alat berat atau alat khusus. Akan tetapi hal ini berbeda dengan penggunaan aspal atau beton cor yang mengharuskan memakai alat khusus yang hanya dimiliki oleh perusahaan tertentu. Untuk alat standar yang harus tersedia dalam pemasangan *paving block* yaitu *waterpass*, stamper kodok, cangkul, palu, sikat ijuk, jidar (kayu) dan angkung.
3. Kerusakan pada beberapa bagian *paving block* adalah hal yang wajar, sama halnya dengan kerusakan pada lapisan aspal dan beton karena terkena air secara terus menerus. Pada umumnya, *paving block* yang berumur 5 tahun setelah pemasangan akan terdapat beberapa bagian yang rusak. Ketika terjadi kerusakan tidak akan ada hal yang perlu dikhawatirkan, dikarenakan proses perbaikannya yang tergolong mudah yaitu dengan mengganti bagian yang rusak tersebut dengan *block* yang baru.
4. *Paving block* lebih tahan terhadap cuaca baik itu panas maupun hujan. Sangat jarang ditemui adanya lubang pada jalan yang menggunakan *paving block*. Berbeda dengan aspal dan beton, yang dimana sering kita jumpai lubang pada jalan berbahan aspal maupun beton.

Paving block juga memiliki kekurangan dibandingkan dengan material lainnya, berupa:

1. Kekurangan *paving block* yaitu memiliki kontur yang bergelombang, dimana jika jalan protokol atau jalan raya umumnya dilalui kendaraan besar dengan kecepatan tinggi yang mengharuskan jalan tidak bergelombang. Di sisi lain pada jalan menggunakan *paving block* umumnya lebih bergelombang sehingga tidak cocok untuk jalan protokol atau jalan raya. Kontur yang bergelombang ini salah satunya disebabkan oleh adanya celah antar susunannya. Ketika jalan yang menggunakan *paving block* dilewati kendaraan besar dengan kecepatan tinggi maka struktur dan susunannya akan mengalami perubahan. Kondisi ini lama kelamaan akan menciptakan kontur bergelombang.
2. Susunan *paving block* mudah renggang apabila proses pemasangannya tidak mengikuti aturan yang benar. Jika perpaduan antara model satu dengan model yang lain kurang tepat maka susunannya akan menjadi tidak rata dan renggang. Salah satu aturan pemasangan *paving block* adalah struktur tanah rata dan telah dipadatkan. Proses pemadatan tanah menggunakan stamper kodok. Alat ini merupakan salah satu alat wajib yang harus ada. Oleh karena itu, pemasangan *paving block* harus dilakukan oleh tenaga profesional untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

3.3 Bahan Penyusun Paving block

Paving block tersusun dari campuran pasir, semen, dan air. Campuran tersebut disebut juga sebagai mortar (non-plesteran). Mortar adalah campuran yang terdiri dari pasir, bahan perekat serta air dan diaduk secara homogen. Pasir sebagai bahan bangunan dasar harus direkatkan dengan bahan perekat. Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur, semen merah, maupun semen Portland.

Untuk menghasilkan *paving block* yang berkualitas ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan, dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu

bahan, komposisi campuran, dan proses pencetakan maka *paving block* yang dihasilkan akan semakin baik pula.

Mortar dapat dibedakan menjadi 4 macam (Tjokrodimulyo,1996), yaitu:

1. Mortar Semen
2. Mortar lumpur
3. Mortar khusus
4. Mortar kapur

Mortar yang baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Melekat dengan baik dengan bata, batu, dan sebagainya
2. Memiliki sifat murah dan tahan lama.
3. Prosesnya mudah dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang dan diratakan)
4. Cepat kering dan tahan terhadap rembesan air.

Di dalam penelitian ini, mortar yang dipakai adalah jenis mortar semen yang terbuat dari campuran pasir, serbuk keramik, semen portland dan air dalam perbandingan yang tepat.

3.4 Klasifikasi

Mutu paving block telah diatur pada SNI 03-0691-1996 yang diterbitkan oleh Dewan Standarisasi Nasional (DSN) sebagai berikut:

1. Bata beton mutu A : Digunakan untuk Jalan
2. Bata beton mutu B : Digunakan untuk pelataran parkir
3. Bata beton mutu C : Digunakan untuk pejalan kaki
4. Bata beton mutu D : Digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya

3.5 Syarat Mutu

Untuk sifat tampak *paving block* harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak akan mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Dari sisi ketebalan, *paving block* mempunyai 3 macam ketebalan, yaitu 6 cm, 8 cm, 10 cm. Bata beton harus mempunyai ukuran

tebal minimum 60 mm. kuat tekan *paving block* tidak ditentukan dari ketebalannya, tetapi dari komposisi bahan/material penyusunnya. Bata beton harus memiliki ketahanan terhadap natrium sulfat. Hal ini ditunjukkan apabila saat pengujian tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1%. *Paving block* harus memiliki dan mempunyai sifat fisika seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Sifat-Sifat Fisika Bata Beton

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

Sumber: SNI 03-0691-1996

Paving block mutu A di atas disyaratkan kuat tekan minimal 35 Mpa dan rerata 40 Mpa, hal ini setara dengan K430 hingga K490. *Paving block* mutu B diatas disyaratkan kuat tekan minimal 17,0 Mpa dan rerata 20 Mpa, hal ini setara dengan K208 hingga K245. *Paving block* mutu C diatas disyaratkan kuat tekan minimal 12,5 Mpa dan rerata 15 Mpa, hal ini setara dengan K153 hingga K184. Bata beton mutu D di atas disyaratkan kuat tekan minimal 8,5 Mpa dan rerata 10 Mpa, hal ini setara dengan K104 hingga k122.

3.6 Material Penyusun

3.6.1 Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen Portland merupakan suatu bahan pengikat yang mempengaruhi kualitas terhadap *paving block* itu sendiri. Semakin tebal pasta semen maka *paving block* semakin kuat. Tetapi, jika terlalu tebal pasta semen juga tidak menjamin lekatan yang baik. Menurut Standar Industri Indonesia, SII 0013-1981, definisi semen *portland* adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang merupakan terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis Bersama bahan-bahan uang biasa dibuat, yaitu gypsum. Menurut tukang batu yang berasal dari Inggris Joseph Aspdin yang merupakan pembuat semen *portland* yang pertama pada awal abad ke 19, dengan melakukan proses pembakaran batu kapur yang dihaluskan dan tanah liat di dalam tungku dapur rumahnya. Dari metode kasar ini berkembanglah industri pembuatan semen yang begitu halus sehingga satu kilogram semen mengandung sampai 300 milyar butiran.

Semen dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen Hidraulis merupakan semen yang akan mengeras apabila semen itu sendiri bereaksi dengan air, tahan terhadap air atau bisa dibidang *water resistance* dan stabil di dalam air setelah mengeras. salah satu semen hidraulis yang bisa dipakai dalam kegiatan konstruksi *paving block* adalah semen *portland*. Sedangkan semen non-hidraulis merupakan semen (perekat) yang dapat mengeras tetapi tidak stabil di dalam air.

Semen *portland* yang dijual di pasaran pada umumnya berkualitas baik dan dapat dipertanggung jawabkan. Tetapi, harus diketahui bahwa perilaku semen tergantung pada merek, karena perbedaan baik dalam bahan mentah, yakni kapur dan tanah liat yang dipakai, begitu juga dengan proses pembuatannya. Semen *portland* memiliki 4 kelompok bahan mentah, yaitu:

1. Kelompok *siliceous* : Oksida silika
2. Kelompok *argillaceous* : Oksida alumina
3. Kelompok *ferriferous* : Oksida besi

4. Kelompok *calcerous* : Oksida kapur

Semen *portland* memiliki 4 senyawa kimia utama yaitu *Trikalsium silikat* (C3S), *Trikalsium Aluminat* (C3A), *Dikalsium Silikat* (C2S), *Tetrakalsium Aluminoferrit* (C4AF), dan *Dikalsium Silikat* menempati 70-80% sebagai penyusun dominan semen sehingga paling dominan dalam memberikan sifat semen. Jika terkena air, C3S segera mulai berhidrasi, dan akan menghasilkan panas. Namun, ini juga berpengaruh besar terhadap pengerasan pada semen, terutama ketika mencapai umur sebelum 14 hari. Lalu sebaliknya C2S akan bereaksi dengan air lebih lambat sehingga akan hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. Unsur C2S ini akan memberi ketahanan pada semen, juga terhadap serangan unsur kimia dan juga mengurangi besar susutan pengeringan. Dari kedua unsur utama ini membutuhkan air sekitar 24-21 persen beratnya untuk terjadinya proses reaksi kimia, namun C3S membebaskan *kalsium hidroksida* saat hidrasi yang hamper sebanyak 3 kali dari yang dibebaskan oleh C2S. Lalu, jika C3S mempunyai persentase yang lebih tinggi akan menghasilkan proses pengerasan yang lebih cepat pada pembentukan kekuatan awalnya disertai suatu panas hidrasi yang tinggi. Sebaliknya, C2S yang lebih tinggi menghasilkan proses pengerasan yang lambat, panas hidrasi yang sangat sedikit, dan ketahanan terhadap serangan kimia yang lebih baik.

Unsur C3A berhidraasi secara *exhotermic*, dan bereaksi sangat cepat memberikan kekuatan sesudah 24. C3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40% beratnya, namun karena jumlah unsur ini hanya sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur C3A ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik pada saat pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang panjang. Semen mengandung unsur yang lebih dari 10% akan kurang tahan terhadap serangan asam sulfat. maka dengan itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung C3A terlalu banyak (Maksimum 5%). Semen yang terkena asam sulfat (SO₄) di dalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya C3A yang bereaksi dengan sulfat,

dan mengembang, maka akan terjadi keretakan pada beton itu sendiri. Lalu untuk unsur C4AF tidak begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen ataupun beton. Semen juga memiliki beberapa sifat-sifat diantaranya sebagai berikut:

1. Sifat Fisik Semen

Semen Portland yang digunakan untuk struktur harus memiliki kualitas tertentu yang ditetapkan agar bisa berfungsi secara efektif. Pemeriksaan dalam bentuk berkala sangat perlu dilakukan, baik yang berbentuk pasta semen maupun bubuk kering. Sifat-sifat fisik semen yang penting yakni:

- a. Panas hidrasi. Silikat dan Aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang sangat keras. Reaksi akan membentuk media perekat yang memadat, namun setelah itu akan membentuk massa yang keras. Reaksi yang membentuk media perekat disebut dengan hidrasi. Hidrasi semen bersifat eksotermis dengan panas yang dikeluarkan lebih kurang 120 kalori/gram. Di dalam bagian beton yang memiliki massa yang besar, proses hidrasi akan mengakibatkan kenaikan temperatur yang besar. Di saat yang sama, bagian luar beton massa akan kehilangan panas, maka akan terjadi perbedaan temperature yang tajam. Untuk tahap berikutnya, yakni tahap pendinginan bagian dalam beton massa akan terjadi retakan yang besar. Di daerah dingin panas hidrasi dapat menguntungkan karena dipakai untuk mencegah pembekuan air pada beton. Panas hidrasi didefinisikan sebagai kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Waktu akan berlangsung dengan baik dan sempurna pada temperatur tertentu. Panas hidrasi untuk semen dengan panas hidrasi untuk semen dengan panas hidrasi rendah harus tidak lebih dari 66 kalori/gram hingga pada tujuh hari pertama, dan 75 kalori/gram sampai 28 hari.
- b. Kehausan butir reaksi diantara air dan semen bermula dari permukaan butir-butir semen itu sendiri dan akan menyebabkan luasnya permukaan butir-

butir semen (yang berasal dari semen yang sama) dan semakin cepat juga proses hidrasinya. Hal ini menunjukkan bahwa butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat dari pada semen dengan butir-butir yang lebih kasar. Namun, pada umumnya semen berbutir halus dapat meningkatkan kohesi pada beton segar dan dapat pula mengurangi *bleeding*, akan tetapi akan menambah kecendrungan pada beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut peraturan, paling sedikit 78% berat semen harus dapat lewat ayakan nomor 200 (lubang 1/200 inchi). Tetapi perlu dicatat, bahwa jika butir-butir semen terlalu halus, sifat semen akan menjadi kebalikannya, karena menyebabkan hidrasi awal oleh kelembaban udara.

- c. Berat Jenis. Dimana berat jenis semen berkisar pada 3,15. Akan tetapi berat jenis bukan merupakan petunjuk kualitas semen, yang dimana nilainya hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran saja.
- d. Waktu ikatan. Semen dicampur dengan air yang membentuk bubur dimana secara bertahap akan menjadi kurang plastis, dan akhirnya akan menjadi keras. Namun pada proses ini, tahap pertama akan tercapai jika pasta semen cukup kaku untuk menahan suatu tekanan. Waktu untuk mencapai tahap ini disebut sebagai waktu ikatan. Untuk waktu ini dihitung Ketika air dicampur dengan semen. Untuk waktu ikatan dibagi menjadi dua yaitu ikatan awal (*initial time*) dan waktu ikatan akhir (*final setting time*). Waktu dari pencampuran semen dan sampai saat kehilangan sifat keplastisannya disebut waktu ikatan awal, dan waktu sampai mencapai pastinya menjadi massa yang keras disebut waktu ikatan akhir. Pengertian waktu ikatan awal penting pada pekerjaan beton, yaitu untuk transportasi, penuangan, pemadatan, dan perataan permukaan.

3.6.2 Air

Air mempunyai dua fungsi yaitu pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, sedangkan fungsi kedua yaitu sebagai pelicin campuran krikil, pasir dan semen segar serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dipadatkan. Didalam penggunaannya air tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton atau mortar (Andoyo, 2006). Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982), air yang dimaksudkan disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton pemadaman kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran. Menurut PUBI syarat air yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Air yang digunakan harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 g/liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 g/liter. Kandungan khlorida (Cl), tidak lebih dari 500 p. p. m dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p. p. m sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas, air tidak boleh mengandung khlorida lebih dari 50 p. p. m.

3.6.3 Kekuatan Pasta Semen dan Faktor Air Semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai pada saat proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semennya. Penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Air kelebihan dari yang diperlukan untuk proses hidrasi pada umumnya memang diperlukan pada pembuatan beton, agar adukan beton dapat tercampur dengan baik, dapat diangkat dengan mudah, dan dapat dicetak tanpa rongga-rongga yang besar (tidak keropos). Akan tetapi, hendaknya selalu diusahakan jumlah air sesedikit mungkin, agar kekuatan beton tidak terlalu rendah. Pasta semen yang mengeras merupakan bagian yang porous. Konsentrasi hasil-hasil hidrasi yang padat pada seluruh ruang atau volume yang tersedia (volume yang semula ditempati oleh air dan semen) merupakan suatu nilai indeks porositas. Sebagaimana benda padat yang lain, kuat tekan pasta semen (juga betonnya) sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya pori-pori diantara gel-gel atau pori-pori hasil hidrasi. Kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak, sehingga hasilnya kurang kuat dan juga lebih porous (berpori).

3.6.4 Agregat Halus

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton. Agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Mengingat agregat lebih murah daripada semen maka akan ekonomis bila agregat dimasukkan sebanyak mungkin selama secara teknis memungkinkan, dan kandungan semennya minimum. Meskipun dulu agregat dianggap sebagai material pasif, berperan sebagai pengisi saja, kini disadari adanya kontribusi positif agregat pada sifat beton, seperti stabilitas

volume, ketahanan abrasi, dan ketahanan umum (durability) diakui. Bahkan beberapa sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat, seperti kepadatan, panas jenis, dan modulus elastis. (Nugroho dan Antoni, 2007).

Gradasi (pembagian / distribusi butir, grading) ialah distribusi ukuran butir agregat. Agregat diayak berurutan menurut ayakan standar, yang disusun mulai dari ayakan terbesar di bagian paling atas. Agregat diletakkan di bagian teratas tersebut. Setelah digetarkan cukup lama, berat agregat yang tertahan pada setiap ayakan dicatat, dihitung persentasenya. Persentase Kumulatif Tertahan dan Persentase Kumulatif Lolos kemudian dihitung. Kurva gradasi suatu agregat dapat dibuat dengan menggunakan hasil dari analisa ayakan / saringan. Kurva gradasi digambarkan pada skala semilog, yaitu dengan “ukuran ayakan” pada absis berskala log dan “% berat yang melalui ayakan” pada ordinat berskala linier. Menurut Fuller & Thompson (1907), gradasi terbaik adalah yang tersusun sepadat mungkin, dengan rongga udara mendekati nol. Setelah melakukan eksperimen begitu lama beliau merumuskan “kurva gradasi ideal”.

Agregat yang mempunyai ukuran butiran-butiran besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Agregat yang ukurannya lebih besar dari 4,80 mm termasuk kedalam jenis agregat kasar, sedangkan agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,80 mm dikategorikan sebagai agregat halus. Dalam pembuatan *paving block* digunakan agregat halus/pasir. Persyaratan menurut PUBI-1992 agar dapat digunakan menjadi bahan bangunan adalah:

1. Pasir beton harus bersih, dalam pengujian dengan larutan pencuci khusus tinggi endapan pasir yang kelihatan dibanding tinggi seluruhnya tidak kurang dari 70%.
2. Pasir yang lewat ayakan 0,063 mm (lumpur) lebih dari 5% dari beratnya.
3. Angka modulus halus butir terletak antara 2,2 sampai 3,2 bila diuji dengan rangkaian ayakan dengan rangkaian ayakan berukuran 0,16 mm, 0,315 mm, 0,63 mm, 1,25 mm, dan 10 mm dengan fraksi yang lewat ayakan 0,3 mm minimal 15% dari berat.

4. Kekakalan terhadap larutan $MgSO_4$ harus tidak lebih dari 10% berat.
5. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu.

Gradasi pasir menurut *British Standard* dapat dilihat pada Tabel 3.2 pada halaman selanjutnya.

Tabel 3. 2 Batas dari Gradasi Pasir

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

Sumber: SNI 03-2834-2000

3.6.5 Abu Serbuk Kayu

Limbah kayu yang berupa serbuk gergaji dimanfaatkan menjadi bentuk briketarang dan arang aktif. Pada industri pengolahan kayu sebagian limbah serbuk kayu biasanya digunakan sebagai bahan bakar tungku, atau dibakar begitu saja tanpa penggunaan yang berarti, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Pembakaran kayu akan menghasilkan briket arang dan arang aktif yang mengandung

karbon yang juga dimanfaatkan untuk papan komposit, papan semen dan bahan campuran beton. Hasil pembakaran serbuk kayu menghasilkan sifat-sifat seperti Tabel 3.3 pada halaman selanjutnya.

Tabel 3. 3 Sifat-sifat Hasil Pembakaran Serbuk Kayu

Kerapatan	0,45 gr/cm ³
Kerapatan total	1,38-1,46 gr/cm ³
Porositas	70%
Sifat-sifat kekuatan	Kekuatan penampatan 26 N/ mm ²
Kandungan air	5-8%
Kandungan karbon	80-90%
Kandungan abu	1-2%
Zat-zat yang mudah menguap	10-18%

Sumber: Fenger and Wagener (1995)

Menurut Sunardi (1976), komponen utama abu kayu adalah *Kalsium (Ca)*, *Kalium (K)*, *Magnesium (Mg)*, *Silika (Si)*. Unsur minor yang sering terdapat dalam abu antara lain *Natrium (Na)*, *Mangan (Mn)*, *Besi (Fe)*, dan *Alumunium (Al)*. Radikal asam yang umum terdapat dalam abu adalah *karbohidrat*, *fosfor*, *silikat*, *sulfat*, dan *khlorida* (Anonim). Menurut N. Balaguru, P. Shah (1992) bahwa serbuk kayu merupakan salah satu serat alami (*cellulose fibers*) yang dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Kayu terdiri dari selulosa (*cellulose*), hemiselulosa, dan lignin. Lignin merupakan unsur dari sel kayu yang mempunyai pengaruh yang buruk terhadap kekuatan serat (*fibers*).

3.7 Uji Material

3.7.1 Semen Portland

Semen berdasarkan SNI 15-2049-2004 merupakan kumpulan bubuk halus yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. maksud dari bahan pengikat yaitu suatu reaksi semen mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Definisi semen portland adalah bahan perekat hidrolis yang begitu penting dalam konstruksi beton. Bahan perekat hidrolis yaitu didapatkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama yang terbentuk dari silikat-silikat kalsium yang memiliki sifat hidrolis dengan gips sebagai bahan pembantu untuk membentuk pasta semen atau 26 grout jika memiliki senyawa dengan air yang dapat mengeras dan juga jika bereaksi dengan agregat halus biasa disebut sebagai mortar (Tjokrodimuljo, 2007).

Berikut komponen utama semen supaya menghasilkan 5 semen tipe umum (PUBI, 1982). Pembagian ini bertujuan untuk penggunaan semen sesuai seperti tujuan pemakaian dan spesifikasi, pembagian ini juga sesuai dengan ASTM C-150 (American Society for Testing and Material) adalah sebagai berikut:

1. Jenis I, adalah semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II, adalah semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, adalah semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V, adalah semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.7.2 Agregat Halus

Didalam penelitian ini, pasir yang digunakan merupakan pasir yang berasal dari Merapi. Pasir yang digunakan yaitu pasir yang sudah memenuhi tahap pengujian propertis agregat halus, pasir ini lalu ditakar oleh peneliti sesuai dengan perhitungan berat pasir yang dibutuhkan untuk setiap variasi itu sendiri. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui variasi diameter butiran pasir dan modulus halus butir pasir.

Pemeriksaan terhadap agregat halus harus dilaksanakan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan dan dilakukan untuk memahami bahwa agregat halus sudah memenuhi persyaratan atau tidak. Hasil dari proses pemeriksaan ini dapat digunakan untuk data rencana dari campuran beton yang akan dipergunakan dalam proses perancangan *paving block*. Pemeriksaan-pemeriksaan yang dilaksanakan berupa:

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dilaksanakan pada agregat halus dan sejenisnya yang lolos pada saringan No.4 (4,75 mm) yang berguna untuk mengetahui angka berat jenis curah, berat jenis jenuh permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air pada agregat halus. Untuk mendapatkan hasil data ini diperlukan cara-cara dan perhitungan yang sesuai dengan SNI 03-1970-1990.

- a. Berat jenis curah

Berat jenis curah merupakan suatu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh di suhu 25°C. hasil dari data pemeriksaan berat jenis curah agregat halus bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \quad (3.1)$$

Keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

b. Berat jenis jenuh permukaan

Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) merupakan suatu perbandingan antara berat dari agregat jenuh kering permukaan dan berat air suling yang dimana isinya sama dengan isi agregat pada saat keadaan jenuh terhadap suhu 25°C. hasil dari data pemeriksaan berat jenis jenuh permukaan agregat halus bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat jenis jenuh permukaan} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad (3.2)$$

Keterangan:

B = Berat piknometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

c. Berat jenis semu

Berat jenis semu merupakan suatu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang dimana isinya sama dengan isi agregat pada saat keadaan kering pada suhu 25°C. hasil dari data pemeriksaan berat jenis semu agregat halus bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

d. Penyerapan air pada agregat

Penyerapan air pada agregat merupakan suatu perbandingan berat air yang bisa diserap pori terhadap berat agregat kering, dan disebut dalam persen. Hasil dari data pemeriksaan penyerapan air agregat halus bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Penyerapan air pada agregat} = \frac{500 - Bk}{Bk} \quad (3.4)$$

Keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

2. Pemeriksaan analisis saringan

Pemeriksaan ini dilaksanakan untuk agregat halus dan sejenisnya yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) yang berguna untuk mendapatkan distribusi besaran atau total persentase butiran agregat halus. Hasil distribusi yang didapatkan tertera pada tabel atau grafik. Untuk mendapatkan hasil data tersebut diperlukan cara-cara dan perhitungan yang sesuai dengan SNI 03-1968-1990.

Hasil dari data pemeriksaan analisis saringan agregat halus bisa dihitung menggunakan persamaan berikut:

a. Berat tertinggal

$$\text{Berat tertinggal} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Jumlah}} \times 100\% \quad (3.5)$$

b. Berat tertinggal kumulatif

$$\text{Berat tertinggal kumulatif} = \text{Persentase berat tertinggal} + \text{Persentase berat tertinggal kumulatif sebelumnya} \quad (3.6)$$

c. Persen lolos kumulatif

$$\text{Persen lolos kumulatif} = 100 - \text{Berat tertinggal kumulatif} \quad (3.7)$$

d. Modulus halus butir (MHB)

$$\text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{\Sigma \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \quad (3.8)$$

3. Pemeriksaan berat volume padat dan gembur

Pengujian ini berguna untuk mengetahui hasil dari volume padat dan gembur agregat halus. Untuk mendapatkan hasil data tersebut diperlukan cara-cara dan perhitungan yang sesuai dengan SNI 03-4804-1998.

Hasil dari data pemeriksaan berat volume padat dan gembur agregat halus dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut:

a. Berat pasir

$$W3 = W2 - W1 \quad (3.9)$$

Keterangan: $W2$ = Berat tabung + berat pasir (gr)

$W1$ = Berat tabung (gr)

b. Volume tabung

$$V = \frac{1}{4} \pi \times D \text{ tabung}^2 \times t \text{ tabung} \quad (3.10)$$

Keterangan:

$D \text{ tabung}$ = Diameter dalam tabung (cm)

$t \text{ tabung}$ = Tinggi tabung (cm)

c. Berat volume padat

$$\text{Berat volume padat} = \frac{W3}{V} \quad (3.11)$$

Keterangan:

$W3$ = Berat pasir padat (gr)

V = Volume tabung (cm³)

d. Berat volume gembur

$$\text{Berat volume gembur} = \frac{W3}{V} \quad (3.12)$$

Keterangan:

$W3$ = Berat pasir gembur (gr)

V = Volume tabung (cm^3)

4. Pemeriksaan kandungan lumpur

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan lumpur yang berada di dalam pasir sebagai syarat dari bahan konstruksi bangunan. Berdasarkan PUBI 1982, berat bagian yang lewat saringan No. 200 untuk pasir maksimal 5%. Proses pemeriksaan dilaksanakan terhadap agregat halus atau pasir yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) sebanyak 500 gram dan cara-cara pengujian yang sesuai SNI 03-4142-1996. Hasil dari data pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus bisa dilakukan perhitungan dengan persamaan

3.13 sebagai berikut:

$$\text{Berat lolos saringan No. 200} = \frac{w1-w2}{w1} \times 100\% \quad (3.13)$$

Keterangan:

$w1$ = Berat agregat kering oven (gr)

$w2$ = Berat agregat kering oven sesudah dicuci (gr)

3.7.3 Air

Air yang digunakan yaitu air yang berasal dari sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi, Universitas Islam Indonesia Hasil dari pemeriksaan dengan cara visual disimpulkan bahwa air yang digunakan telah memenuhi syarat karena air tersebut bersih, tidak kotor, dan tidak memiliki warna.

3.8 Abu Serbuk Kayu Mahoni

Limbah kayu yang berupa Abu serbuk kayu Mahoni dimanfaatkan menjadi bentuk arang aktif. Pada industri pengolahan kayu sebagian limbah serbuk kayu

biasanya digunakan sebagai bahan bakar tungku, atau dibakar begitu saja tanpa penggunaan yang berarti, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan.

Pembakaran kayu akan menghasilkan briket arang dan arang aktif yang mengandung karbon yang juga dimanfaatkan untuk papan komposit, papan semen dan bahan campuran beton. Hasil pembakaran serbuk kayu menghasilkan sifat-sifat yang sesuai.

Bahan pengganti sebagian semen yang digunakan merupakan limbah serbuk kayu mahoni yang didapat dari pembuangan industri kayu yang ada di lingkungan sekitar, lalu dilakukan proses pembakaran menjadi abu serbuk kayu mahoni. Menurut Garry (2016) dan Alip (2022), serbuk kayu merupakan salah satu limbah kayu. Limbah kayu yang dimaksud bisa berjenis kayu yang tidak dipakai, ranting dan serbuk kayu itu sendiri. Serbuk kayu merupakan limbah kayu, sisa buangan di berbagai macam dan ukuran yang dibuang pada saat proses produksinya karena serbuk itu tidak bisa menghasilkan produk (bahan) yang berkualitas bagus dan tinggi dari segi ekonomi melalui tingkat teknologi pengolahan yang digunakan. Serbuk kayu mahoni mempunyai kandungan air kering hingga sedang. Serbuk kayu mahoni juga berasal dari kayu mahoni yang dipotong dengan gergaji hingga membentuk serbuk halus yang memiliki warna coklat keputihan. Menurut hasil penelitian tentang analisis kimia 9 jenis kayu yang ada di Indonesia, yang juga dilakukan oleh Gustan dan Hartoyo (1990), salah satunya yaitu kayu mahoni, diperoleh beberapa kandungan kimia yang terkandung pada kayu itu sendiri, salah satu kandungan kimianya yaitu silika. Kandungan silika yang dimiliki oleh kayu mahoni didapat sebesar 0,34%, melalui kandungan silika sebesar ini membuat kayu mahoni termasuk ke dalam salah satu kayu dengan kandungan silika tinggi yang pada umumnya digunakan untuk kebutuhan material atau bahan pada industri-industri kayu. Pemeriksaan abu serbuk kayu mahoni harus dilakukan demi mengetahui kandungan silika yang berada di dalamnya. Hasil dari pemeriksaan kandungan silika ini juga dilakukan untuk parameter mengetahui sebesar apa pengaruh substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni terhadap mutu paving block.

Uji material Abu serbuk kayu Mahoni dimulai dengan melakukan proses pembakaran serbuk melalui tahap-tahap berikut ini :

- a. Jemur serbuk kayu mahoni dan bersihkan dari tanah atau kotorn lain yang menempel.
- b. Masukkan serbuk kayu kedalam cawan kemudian oven dengan suhu 200°C selama 24 jam sehingga kadar air yang terkandung dalam serbuk kayu hilang.
- c. Setelah serbuk kayu berwarna hitam, haluskan serbuk kayu dengan menggunakan mesin penghalus.
- d. Masukkan serbuk kayu yang sudah halus kedalam wadah yang terbuat dari keramik untuk dibakar kedalam furnance dengan suhu 800°C selama \pm 2 jam.
- e. Dinginkan abu serbuk kayu yang sudah dibakar lalu di ayak menggunakan saringan no 200.

3.9 Perencanaan Campuran *Paving Block*

Dalam pembuatan benda uji *paving block* dibutuhkan volume perbandingan campuran semen: pasir 1pc:6ps dan jumlah nilai dari factor air semen (fas) yang dipakai sebesar 0,35 (Tjkromuljo, 1992). Untuk proses pencampuran ini termasuk juga penimbangan dan pencampuran bahan. Macam-macam bentuk bahan ditimbang menyesuaikan dengan variasi komposisi. Lalu dilakukan proses pencampuran dengan menggunakan mixer selama 10 hingga 15 menit sampai campuran tersebut merata. agar bentuk permukaan dari benda menjadi lembab untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Untuk benda uji pada umur satu hari, kemudian dikeluarkan dari cetakan *paving block*.

$$\text{Kebutuhan pasir 1 } \textit{paving block} = \frac{6}{7} \times \text{Berat volume padat agregat halus} \times V \textit{ paving block} \times 1,3 \quad (3.14)$$

$$\text{Kebutuhan semen 1 } \textit{paving block} = \frac{\text{Kebutuhan pasir}}{6} \quad (3.15)$$

$$\text{Kebutuhan abu serbuk kayu } n\% = n\% \times \text{Total kebutuhan semen 5 } \textit{paving block} \quad (3.16)$$

Keterangan:

$V_{paving\ block}$ = Volume paving block (cm^3)

$n\%$ = Variasi persentase abu serbuk kayu mahoni (%)

Faktor pemadatan mesin hidrolis = 1,3

3.10 Perawatan *Paving block*

Perawatan benda uji *paving block* dibutuhkan agar bentuk permukaan dari benda menjadi lembab untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Untuk benda uji pada umur satu hari, kemudian dikeluarkan dari cetakan *paving block*. Lalu melakukan proses perendaman sampai umur rencana.

Proses perawatan benda uji ini dilakukan supaya permukaan dari benda uji selalu lembab untuk menjamin proses hidrasi semen terjadi dengan baik dan sempurna. Untuk benda uji yang berumur satu hari dikeluarkan dari cetakan kemudian di rendam hingga umur rencana.

3.11 Pengujian *Paving block*

Pengujian *Paving block* bertujuan untuk menjadikan *paving block* yang dihasilkan berbanding dengan kualitas dan mutu yang baik berdasarkan SNI 03-0691-1996 mengenai bata beton (*paving block*). Untuk pengujian terhadap *paving block* yang akan dilaksanakan berdasarkan sebagai berikut.

3.11.1 Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan merupakan salah satu dari sifat teknis yang dimana pada umumnya digunakan dalam mekanika batuan (*paving block*) untuk mengetahui titik runtuh atau sifat elastisitas batuan (*paving block*) terhadap pemberian tekanan maksimum. Pelaksanaan pengujian kuat tekan dilaksanakan untuk mengetahui beban maksimum yang bisa ditahan oleh benda uji tersebut. Lalu nilai kuat tekan terhadap *paving block* dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan (3.17) berikut.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{E}{F} \quad (3.17)$$

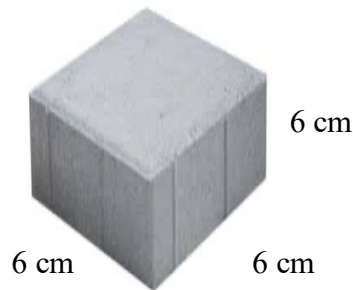
Ket:

σ = kuat tekan (N/mm²),

P = beban Tekan (N), dan

A = luas Bidang Tekan (mm²).

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan benda uji dengan dimensi sebesar 6 cm x 6 cm x 6 cm. bentuk benda uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Sketsa Benda Uji terhadap Kuat Tekan

3.11.2 Uji Ketahanan Aus

Pengujian terhadap ketahanan aus terhadap *paving block* didefinisikan sebagai terkikis bahkan pecahnya lapisan permukaan benda uji akibat terjadinya gesekan. Pengujian ketahanan terhadap *paving block* bisa dihitung dengan Persamaan (3.18) sebagai berikut.

$$D = 1,2 G + 0,0246 \quad (3.18)$$

Ket:

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

D = Keausan (mm/menit)

Pengujian ketahanan aus dilaksanakan dengan menggunakan benda uji dengan dimensi sebesar 5 cm x 5 cm x 2 cm. untuk sketsa benda uji ketahanan aus dapat dilihat dengan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Sketsa Benda Uji terhadap Ketahanan Aus

3.11.3 Uji Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air terhadap *paving block* dilakukan untuk mengetahui hasil dari persentase air yang bisa diserap oleh *paving block* itu sendiri. Pengujian penyerapan air terhadap *paving block* bisa dihitung dengan menggunakan metode Persamaan 3.19 sebagai berikut.

$$DSA = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (3.19)$$

Keterangan:

DSA = Nilai Penyerapan Air (%)

A = Berat *paving block* Basah (gram)

B = Berat *paving block* Kering (gram)

Pengujian penyerapan air dilakukan dengan menggunakan benda uji yang memiliki dimensi sebesar 20 cm x 10 cm x 6 cm. benda pengujian kuat tekan dapat dilihat pada gambar 3.3 yang tertera sebagai berikut.



Gambar 3. 3 Sketsa Benda Uji Terhadap Penyerapan Air

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Untuk mendapatkan hasil pengaruh dan persentase optimal dari abu serbuk kayu mahoni terhadap kuat tekan, daya serap air, dan keausan dibutuhkan sebuah percobaan eksperimen, dengan melakukan hal tersebut di laboratorium. Di Bab ini akan menjelaskan maksud dari tahapan tersebut untuk melakukan studi eksperimen dalam penambahan abu serbuk kayu mahoni terhadap campuran paving block. Berikut tabel rincian jumlah benda uji berdasarkan pengujian yang akan dilakukan.

Tabel 4. 1 Rincian Benda Uji

Persentase Abu Serbuk Kayu Mahoni (%)	Jumlah Sampel		
	Kuat Tekan (buah)	Keausan (buah)	Daya Serap Air (buah)
0%	10	5	5
14%	10	5	5
16%	10	5	5
18%	10	5	5
20%	10	5	5
Total	50	25	25
	100		

4.2 Data Material Paving Block

Material Penyusun yang dimiliki pada *paving block* mempunyai peran yang sangat penting untuk menentukan hasil dari pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan aus. Maka hal berikut dilampirkan data material penyusunan pada *paving block* untuk melakukan kelanjutan studi dalam tabel 4.2 sebagai berikut ini

Tabel 4. 2 Data Material Paving Block

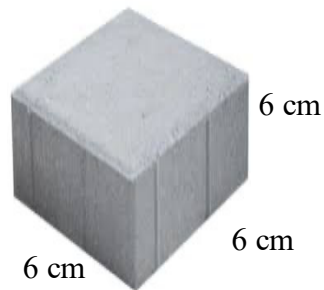
Material	Keterangan
Bahan Pengganti	Abu Serbuk Kayu Mahoni
Variasi Bahan Tambah	0,14,16,18, dan 20 persen dari berat semen
Banyak Sampel	10 buah untuk setiap variasi pada pengujian kuat tekan dengan total 50 buah. 5 buah untuk setiap variasi pada pengujian ketahanan aus dengan total 25 buah. 5 buah untuk setiap variasi pada pengujian daya serap air dengan total 25 buah.
Usia Pengujian	28 hari
Semen <i>Portland</i>	PCC PT. Semen Tiga Roda
Dimensi <i>Paving Block</i>	Kuat Tekan. : 6 x 6 x 6 cm Ketahanan Aus : 5 x 5 x 2 cm Penyerapan Air : 20 x10 x 6 cm
Agregat Halus	Berasal dari gunung Merapi dengan syarat lolos saringan 10 mm
Air	Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

4.3 Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berjenis Holand atau bentuk segiempat dengan ukuran dimensi 20 x 10 x 6 cm yang kemudian dibuat menjadi ukuran kubus sesuai dengan tebal *paving block* asli seperti pada Gambar 4.1, 4.2, dan Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Dimensi *Paving Block* untuk pengujian penyerapan air sesuai SNI



**Gambar 4. 2 Dimensi *Paving Block* Kubus untuk pengujian kuat tekan
Sesuai SNI**



Gambar 4. 3 Dimensi *Paving Block* untuk pengujian ketahanan aus Sesuai SNI

Jumlah total benda uji sebanyak 20 buah dengan setiap variasi penambahan abu serbuk kayu mahoni berjumlah tiga buah. Dengan menggunakan variasi penambahan sebesar 14%, 16%, 18%, dan 20% dari berat semen. Pembagian benda uji dari masing-masing komposisi perlakuan penambahan abu serbuk kayu mahoni yang dimana agregat yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan no.2 mm untuk agregat halus di bagian badan dan saringan no. 10 mm untuk agregat kasar dibagian kepala/permukaan. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan volume semen:pasir sebesar 1:6.

4.4 Lokasi Penelitian

Benda uji dibuat di laboratorium inovasi Universitas Islam Indonesia Jalan Degolan dengan lokasi pengujian dilaksanakan di laboratorium TBK Universitas Islam Indonesia, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.5 Waktu Penelitian

Penelitian ini di jadwalkan mulai pada akhir bulan September 2023 dan diperkirakan selesai pada bulan November 2023.

4.6 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam persiapan pembuatan dan pengujian benda uji paving block adalah sebagai berikut:

1. Alat Pemotong

Paving block berjenis holand dengan ukuran 20 x 10 x 6 mm ini lalu dipotong berukuran kubus sesuai dengan tebal *paving block* asli menjadi *paving block* berukuran 6 x 6 x 6 mm.



Gambar 4.4 Alat Pemotong

2. Mesin Press *Paving Block*

Mesin press yang digunakan adalah mesin press hidrolik yang dilengkapi dengan *vibrator* (penggetar). System hidrolik akan memberikan tekanan pada saat proses pencetakan, sedangkan vibrator diletakkan dibawah meja mesin yang dimana berfungsi untuk menggerakkan butir-butir campuran yang sudah dituangkan kedalam cetakan sehingga bergerak mengisi celah-celah



Gambar 4.5 Mesin Press *Paving Block*

3. Saringan

Saringan berguna untuk agregat halus dengan menggunakan saringan dengan diameter 10 mm untuk bagian badan dan untuk agregat kasar menggunakan saringan dengan diameter 2 mm untuk bagian kepala/permukaan *paving block* dan saringan berdiameter 100 untuk abu serbuk kayu.



Gambar 4.6 Saringan

4. Gelas Ukur

Gelas ukur berguna untuk mencari berat basah agregat halus dan abu serbuk kayu mahoni.



Gambar 4.7 Gelas Ukur

5. Piknometer

Piknometer berguna untuk mencari berat jenis pasir dan abu serbuk kayu mahoni.



Gambar 4.8 Piknometer

6. Jangka Sorong

Jangka Sorong merupakan suatu alat ukur dengan ketelitian 0,005 mm yang berfungsi untuk mengukur benda uji secara tepat dan akurat.



Gambar 4.9 Jangka Sorong

7. Timbangan

Timbangan yang dapat digunakan yaitu timbangan dengan ketelitian 0,001 kg. Timbangan ini digunakan untuk menimbang bahan yang akan dipakai dalam proses pembuatan *paving block*.



Gambar 4.10 Timbangan

8. Mixer

Mixer yang digunakan adalah *mixer* yang memiliki diameter sebesar 1,5 m yang biasa digunakan untuk mencampur adonan beton pada pembuatan *paving block*.



Gambar 4.11 Mixer

9. Sekop

Sekop berguna untuk mengambil semen dari kantung semen pada saat proses pencampuran material, hingga mengaduk dan memindahkan adukan kedalam cetakan *paving block*.



Gambar 4.12 Sekop

10. Alat Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Alat uji kuat tekan menggunakan alat kuat tekan digital dengan merek Shimadzu yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Mesin uji kuat tekan digunakan untuk melaksanakan pengujian kuat tekan *paving block*.



Gambar 4.13 Alat Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

11. Alat Pengujian Ketahanan Aus

Alat uji ketahanan aus menggunakan alat dengan merek Alba Teknika (*Concrete Abrasion Resistance Test*) yang terdapat di laboratorium Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.



Gambar 4.14 Alat Pengujian Ketahanan Aus

4.7 Pelaksanaan Penelitian

Proses penelitian ini dimulai dengan beberapa tahapan, yakni tahap persiapan, pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan diakhiri dengan pengujian benda uji.

4.7.1 Persiapan Bahan

Dalam tahap ini dilakukan persiapan bahan-bahan penyusun paving block diantaranya mempersiapkan pasir yang lolos ayakan berdiameter 10 mm terlebih dahulu. Tahap ini meliputi:

1. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui variasi diameter butiran pasir dan modulus halus butir pasir. Langkah-langkah pemeriksaan gradasi pasir adalah sebagai berikut:

- a. Keringkan pasir dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
- b. Keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram.

- c. Susun saringan dari yang paling besar diletakkan paling atas yaitu 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3mm; 0,15 mm. Masukkan benda uji kemudian langsung diayak dengan bantuan mesin pengguncang selama 10 menit.
- d. Keluarkan benda uji pada masing-masing saringan dan masukkan dalam masing-masing talam, kemudian ditimbang dan dicatat berat benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan. Dalam membersihkan saringan digunakan sikat untuk lubang besar dan kuas untuk lubang kecil
- e. Gradasi pasir yang telah diperoleh dengan melakukan perhitungan kumulatif persentase butir-butir yang lolos pada masing-masing saringan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan persentase kumulatif butir yang tertahan kemudian dibagi seratus.

2. Pengujian Berat Jenis Pasir

Menurut Tjokrodimuljo (1998) berat jenis pasir adalah rasio antara masa padat pasir dan massa air dengan volume dan suhu yang sama. Berat jenis pasir dari agregat normal adalah 2,5-2,7. Langkah-langkah pengujian berat jenis pasir adalah sebagai berikut:

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $\pm 115^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap. Kemudian rendam air selama 24 jam ± 4 jam.
- b. Lalu buang air rendaman dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ada yang terbang. Keringkan benda uji di udara panas dengan cara membolak-balikkan benda uji sampai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
- c. Apabila sudah mencapai pada keadaan permukaan jenuh, segera masukkan benda uji sebanyak 500 gr kedalam piknometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelombang udara didalamnya.
- d. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan dengan suhu standar 25°C .
- e. Tambahkan air kedalam piknometer hingga tanda batas.
- f. Timbang piknometer yang berisi benda uji dan air (W1).

- g. Keluarkan benda uji dari piknometer, kemudian keringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dengan suhu ruangan.
- h. Timbang benda uji (W2).
- i. Bersihkan piknometer, kemudian isi piknometer dengan air hingga tanda batas, lalu timbang piknometer berisi air (W3).

Berat jenis adalah perbandingan berat kering mutlak dengan berat piknometer yang berisi air ditambah berat pasir dalam keadaan jenuh kering muka dan dikurangi dengan berat piknometer yang berisi air penuh.

3. Pemeriksaan Semen

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan dengan cara dalam keadaan terbungkus rapat dan setelah dibuka butirannya halus dan tidak ada gumpalan. Semen yang digunakan adalah semen Holcim tipe 1 dengan berat 50 Kg.

4. Abu Serbuk Kayu Mahoni

Tahap persiapan Abu serbuk kayu Mahoni diawali dengan proses pembakaran serbuk yang meliputi tahap-tahap berikut ini :

- a. Jemur serbuk kayu mahoni dan bersihkan dari tanah atau kotorn lain yang menempel.
- b. Masukkan serbuk kayu kedalam cawan kemudian oven dengan suhu 200°C selama 24 jam sehingga kadar air yang terkandung dalam serbuk kayu hilang.
- c. Setelah serbuk kayu berwarna hitam, haluskan serbuk kayu dengan menggunakan mesin penghalus.
- d. Masukkan serbuk kayu yang sudah halus kedalam wadah yang terbuat dari keramik untuk dibakar kedalam furnance dengan suhu 800°C selama ± 2 jam.
- e. Dinginkan abu serbuk kayu yang sudah dibakar lalu di ayak menggunakan saringan no 200.

4.7.2 Proses Pencampuran

Pencampuran bahan menggunakan perbandingan semen:pasir sebesar 1:6 dengan nilai f_s sebesar 0,35 dari berat semen dengan variasi penambahan limbah abu serbuk kayu mahoni sebesar 0%, 14%, 16%, 18%, dan 20% dari berat semen. Langkah-langkah dalam proses pencampuran bahan meliputi:

1. Menyiapkan bahan penyusun *paving block* diantaranya semen, pasir, dan abu serbuk kayu mahoni sesuai dengan presentasi yang telah ditentukan kemudian mencampur semen, pasir, dan abu serbuk kayu.
2. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan alat pencampur (*mixer*) selama 10 menit.
3. Setelah adukan homogen, tercampur dan tingkat kelacakannya sesuai dengan yang diinginkan, maka siap dimasukkan ke dalam alat cetakan.



Gambar 4.15 Proses Campuran

4.7.3 Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin pres yang menggunakan sistem hidrolik dan dilengkapi dengan sistem vibrator. Benda uji yang dibuat disesuaikan dengan variasi penambahan abu serbuk kayu mahoni sebesar 0%,

14%, 16%, 18%, dan 20% dari berat semen. Setiap variasi penambahan tersebut menggunakan tiga buah sampel, dan terdiri dari dua pengujian yaitu pengujian daya serap dan ketahanan terhadap aus. Total benda uji yang diperlukan sebanyak buah. Berikut ini langkah-langkah pembuatan *paving block* dengan menggunakan mesin press:

1. Letakkan alas (triplek tebal 20 mm) pada meja mesin.
2. Atur mesin pada posisi cetakan membuka (bagian stempel diatas bagian form) sehingga campuran bisa dimasukkan kedalam cetakan.
3. Masukkan campuran (kaki) kedalam cetakan. Nyalakan sistem getar pada mesin sekitar 5 detik.
4. Penuhi kembali isi cetakan yang turun akibat penggetaran dengan campuran kepala.
5. Tekan tuas pengepresan atau pemadatan sehingga bagian stempel turun dan lakukan proses pemadatan sambil sistem getar dijalankan.
6. Tekan tuas untuk mengangkat kedua bagian cetakan.



Gambar 4.16 Pembuatan Benda Uji

4.7.4 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan terhitung satu hari setelah pencetakan *paving block*. Setelah *paving block* berumur satu hari atau sudah keras dilakukan perendaman untuk menjaga kelembaban selama 28 hari.



Gambar 4.17 Perawatan Benda Uji

4.7.5 Pemotongan Benda Uji

Proses pemotongan benda uji dilaksanakan dengan cara merendam benda uji setelah sehari di keluarkan dari cetakan. Untuk proses perendaman dilakukan hingga mencapai umur 28 hari.



Gambar 4.18 Pemotongan Benda Uji

4.7.6 Pengujian Benda Uji

1. Pengujian Kuat Tekan

Untuk melakukan pengujian kuat tekan, hal yang perlu diperhatikan yaitu pada kondisi 28 hari setelah dilakukan perawatan. kondisi tersebut terdiri atas 50 sampel untuk pengujian kuat tekan. hal pertama yang dilaksanakan yaitu menimbang benda uji pada *Compression Testing Machine (CTM)*. Lalu hidupkan mesin seiring dengan memberikan pembebanan yang terjadi peningkatan pada benda uji itu sendiri. Lalu pembebanan dilakukan sampai terjadi penurunan beban pada *CTM*. Setelah itu melakukan rekapitulasi.



Gambar 4.19 Pengujian Kuat Tekan

2. Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian Ketahanan Aus dilakukan dengan menimbang benda uji terlebih dahulu. Kemudian menimbang dan meletakkan benda uji pada mesin pengaus. Setelah itu, mesin pengaus diberi beban. Pengujian ketahanan aus dilakukan selama 5×1 menit dengan benda uji diputar 90 derajat. Kemudian melakukan rekapitulasi .



Gambar 4.20 Pengujian Ketahanan Aus

3. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan *paving block* untuk menyerap air melalui pori-porinya. Menurut SNI 03-0691- 1996 langkah-langkah pengujian daya serap air adalah sebagai berikut :

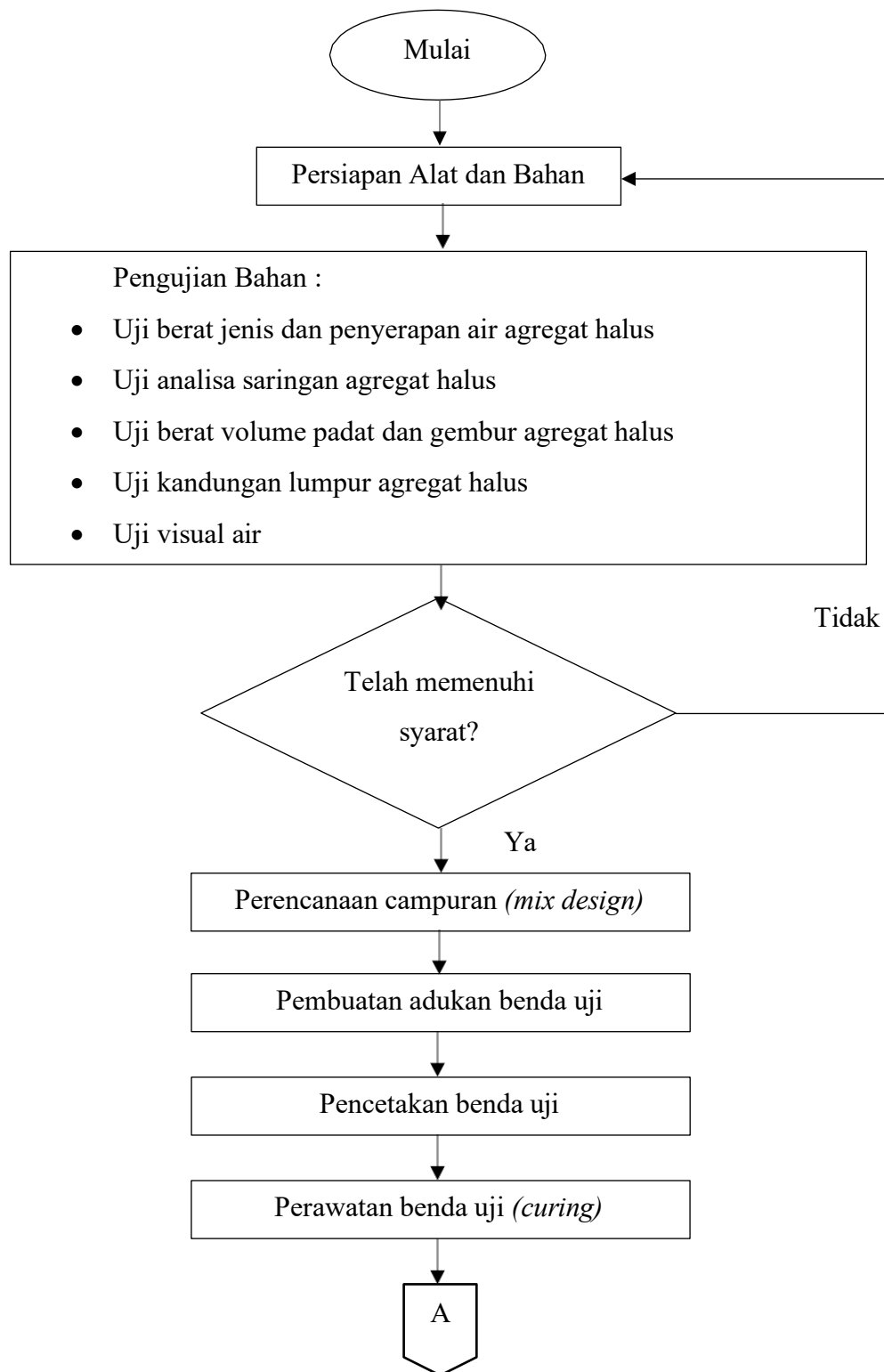
- a. Rendam benda uji dalam air hingga jenuh selama 24 jam, kemudian timbang beratnya dalam keadaan basah dengan menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,5 gram.
- b. Keringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam sampai berat pada dua kali penimbangan selisihnya tidak lebih dari 0,2%.
- c. Timbang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



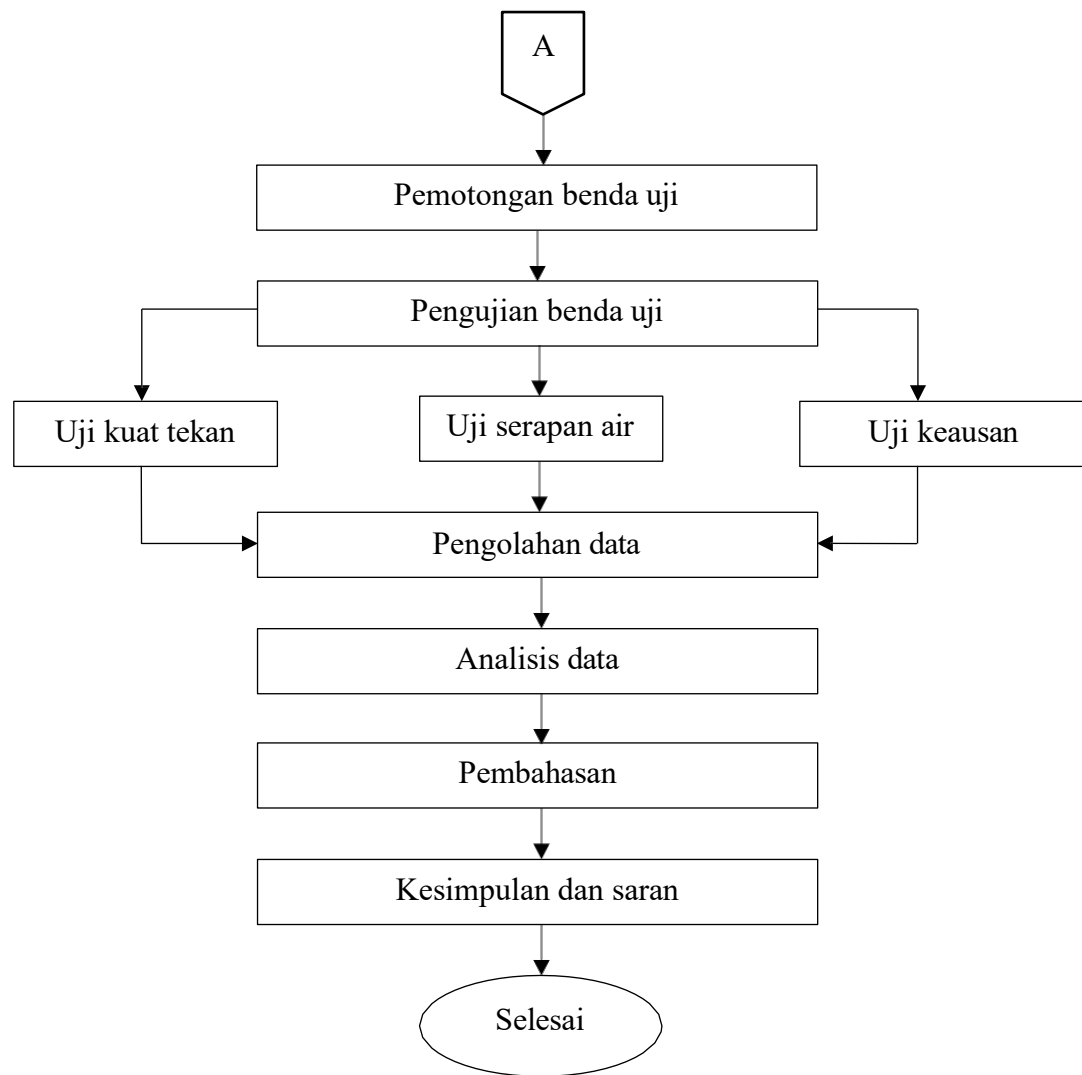
Gambar 4.21 Pengujian Daya Serap Air

4.8 Bagan Alir Pengujian (*Flow Chart*)

Bagan alir sangat penting dalam melaksanakan sebuah penelitian, hal ini bertujuan agar penelitian berjalan secara skematis. Bagan alir meliputi tahapan- tahapan pelaksanaan penelitian dari tahap awal hingga selesai. Adapun bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 8 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.8 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Deskripsi

Pembahasan dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan oleh penguji. untuk mendapatkan hasil data yang direncanakan, perlu dilakukan analisis pengujian sebelumnya. Pengujian yang dimaksud yaitu pengujian untuk perencanaan *paving block* yang merupakan pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air.

5.2 Hasil Pengujian Bahan

Untuk pengujian dari bahan penyusun *paving block* yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia didapat beberapa data yang meliputi hasil pengujian modulus halus butir, pengujian berat volume padat dan gembur, dan pengujian kandungan lumpur. Data yang didapat dianalisis terlebih dahulu agar bisa masuk ke dalam persyaratan bahan penyusun *paving block* sehingga *paving block* yang dibuat sesuai dengan direncanakan sebelumnya.

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

5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus menggunakan pasir yang berasal dari Merapi. Pengujian yang dilakukan pada pengujian ini meliputi pengujian modulus halus

butir, pengujian volume padat dan gembur, serta pengujian lumpur. Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut.

1. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui nilai modulus halus butir yang dilakukan sesuai dengan metode dari SNI 03-1968-1990. Berikut adalah hasil dari pengujian modulus halus butir yang dapat dilihat pada tabel 5.1

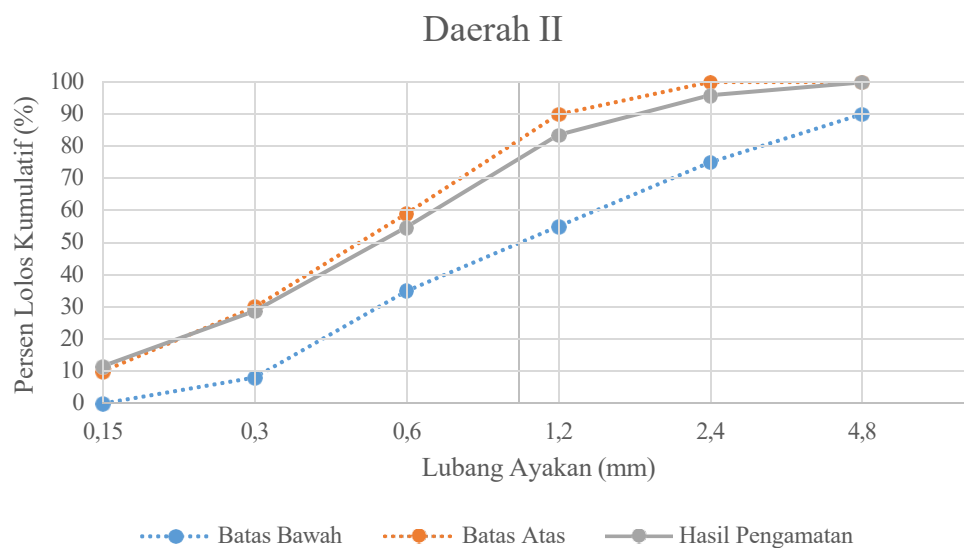
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,00	0,00	100,00
20		0,00	0,00	100,00
10		0,00	0,00	100,00
4,8	2	0,10	0,10	99,90
2,4	80	4,02	4,12	95,88
1,2	247	12,42	16,55	83,45
0,6	569	28,62	45,17	54,83
0,3	519	26,11	71,28	28,72
0,15	340	17,10	88,38	11,62
Pan	231	11,62		
Jumlah	1988	100,00	225,60	

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

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{225,6}{100} \\
 &= 2,256
 \end{aligned}$$

Pada gradasi pasir dapat disesuaikan dengan standar uji SNI 03-2461-1991 dengan perincian untuk lubang ayakan 4,8 mm (90-100%), 2,40 mm (75-100%), 1,20 mm (55-90%), 0,60 mm (35-59), 0,30 mm (8-30), 0,15 mm (0-10%). Data berikut adalah termasuk gradasi pasir daerah 2. untuk perhitungan diatas didapatkan bahwa pasir yang digunakan sebagai bahan penyusun *paving block* merupakan pasir halus yang bernilai sebesar 2,256. Berikut adalah grafik yang didapatkan dalam pengujian modululs halus butir yang bisa dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Grafik Hasil Analisa Saringan Halus

2. Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Pengujian ini berguna untuk mengetahui hasil dari jumlah berat volume agregat halus pada saat kondisi padat. Dari hasil pengujian ini didapatkan berat volume padat terhadap agregat halus yang bisa dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengukuran		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Diameter silinder	15,034	15,022	15,028
Tinggi silinder	30,5	30,12	30,310
Berat tabung (W1)	10326	10421	10374
Berat tabung + agregat SSd (W2)	19618	19562	19590
Berat agregat (W3)	9292	9141	9217
Volume tabung (V)	5414,256	5338,268	5376,262
Berat Volume Padat (W3/V)	1,716	1,712	1,714

Berdasarkan tabel 5.2 diatas didapatkan berat volume padat agregat halus dengan nilai rata-rata sebesar 1,714 gram/cm³

3. Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume agregat halus dalam kondisi tidak padat/gembur. Hasil pemeriksaan berat Volume gembur pada agregat halus yang dapat dilihat pada tabel 5.3 halaman selanjutnya..

Tabel 5. 3 Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengukuran		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder	15,034	15,022	15,028
Tinggi silinder	30,5	30,12	30,310
Berat tabung (W1) (gr)	10326	10421	10373,5
Berat tabung + agregat SSd (W2) (gr)	18522	17622	18072,0
Berat agregat (W3) = W2-W1 (gr)	8196	7201	7698,5
Volume tabung (V) (cm ³)	5414,256	5338,268	5376,262
Berat Volume gembur (W3/V) (gram/cm ³)	1,514	1,349	1,431

Berdasarkan tabel 5.3 didapatkan berat volume gembur agregat halus dengan nilai rata-rata sebesar 1,431 gram/cm³.

4. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur dilaksanakan untuk mengetahui nilai presentasi kandungan lumpur terhadap agregat halus yang menggunakan saringan No 200. Pengujian ini dilaksanakan dengan standar SNI 03-4142-1996. Berikut hasil pengujian kandungan lumpur yang ada pada tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	487	472	479,5
Persentasi yang lolos ayakan No.200	3%	6%	4%

Berdasarkan PBI 1982 disebut bahwa kandungan lumpur yang didapat pada pasir harus berada di bawah 6%. Hasil yang didapatkan berdasarkan pada tabel 5.4 kandungan lumpur pada pasir yang digunakan untuk bahan penyusun *paving block* memiliki kadar lumpur sebesar 4%.

5.2.2 Hasil Pengujian Abu Serbuk Kayu Mahoni

Berikut ini disajikan hasil dari pengujian Abu Serbuk Kayu Mahoni.

1. Pengujian Berat Volume Padat Abu Serbuk Kayu Mahoni

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume abu serbuk kayu mahoni pada saat kondisi padat. Pada pengujian ini didapatkan berat volume padat pada abu serbuk kayu mahoni yang dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Serbuk Kayu Mahoni

Uraian	Hasil Pengukuran		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Diameter silinder	15,034	15,022	15,028
Tinggi silinder	30,5	30,12	30,310
Berat tabung (W1) (gr)	10326	10421	10374
Berat tabung + agregat SSd (W2) (gr)	14178	14289	14234
Berat agregat (W3) (gr)	3852	3868	3860
Volume tabung (V) (cm ³)	5414,256	5338,268	5376,262
Berat Volume gembur (W3/V) (gram/cm ³)	0,711	0,725	0,718

Berdasarkan tabel 5.5 didapatkan berat volume padat abu serbuk kayu mahoni dengan nilai rata-rata sebesar 0,718 gram/cm³..

2. Pengujian Berat Volume Gembur Abu Serbuk Kayu Mahoni

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil berat volume abu serbuk kayu mahoni pada saat kondisi tidak padat/gembur. pengujian ini didapat hasil dari berat volume gembur pada Abu serbuk kayu mahoni yang dapat dilihat pada tabel 5.6 di halaman selanjutnya.

Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Abu Serbuk Kayu Mahoni

Uraian	Hasil Pengukuran		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder	15,034	15,022	15,028
Tinggi silinder	30,5	30,12	30,310
Berat tabung (W1) (gr)	10326	10421	10373,5
Berat tabung + agregat SSd (W2) (gr)	13399	13794	13596,5
Berat agregat (W3) (gr)	3073	3373	3223
Volume tabung (V) (cm ³)	5414,256	5338,268	5376,262
Berat Volume gembur (W3/V) (gram/cm ³)	0,568	0,632	0,600

Berdasarkan tabel 5.6 didapatkan berat volume Gembur Abu Serbuk Kayu Mahoni dengan nilai rata-rata sebesar 0,600 gram/cm³.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Paving Block

Data perhitungan kebutuhan bahan penyusun *paving block* untuk pengujian ini adalah perhitungan untuk merancang benda uji dengan variasi 0%, 14%, 16%, 18%, dan 20%. Bahan yang digunakan untuk merancang benda uji sebelumnya harus diperhitungkan agar benda uji sesuai dengan rencana yang sudah direncanakan. Perhitungan menggunakan perbandingan campuran 1 pc : 6 ps dengan kebutuhan Abu Serbuk Kayu Mahoni menggunakan perbandingan terhadap semen. Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan bahan penyusun *paving block*.

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

$$\text{Berat volume padat pasir} = 1,714 \text{ gr/cm}^3$$

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

5.3.1 Perhitungan Kebutuhan Agregat Halus dan Semen

Berikut merupakan bahan yang dibutuhkan agregat halus Menyusun bahan *paving block*.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan pasir untuk 1 buah } \textit{paving block} &= \frac{6}{7} \times V.\text{pasir} \times V.\text{Paving} \times 1,3 \\
 &= \frac{6}{7} \times 1,714 \times 1200 \times 1,3 \\
 &= 2292,239 \text{ gr} \\
 \text{Kebutuhan pasir untuk 25 buah } \textit{paving block} &= 25 \times 2292,239 \text{ gr} \\
 &= 57305,982 \text{ gr} \\
 \text{Kebutuhan Semen untuk 1 buah } \textit{paving block} &= \frac{\text{Kebutuhan Pasir 1 } \textit{paving block}}{\text{Perbandingan Semen}} \\
 &= \frac{2292,239}{6} \\
 &= 382,039 \text{ gr} \\
 \text{Kebutuhan Semen untuk 25 buah } \textit{paving block} &= 25 \times 382,039 \text{ gr} \\
 &= 9550,975 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

5.3.2 Perhitungan Kebutuhan Abu Serbuk Kayu Mahoni

Berikut adalah kebutuhan Abu Serbuk Kayu Mahoni untuk bahan penyusun *paving block* yang menggunakan variasi 0%, 14%, 16%, 18%, dan 20% sebagai pengganti semen.

$$\begin{aligned}
 0\% &= \frac{0}{100} \times 9550,975 = 0 \text{ gr} \\
 14\% &= \frac{14}{100} \times 9550,975 = 1337,140 \text{ gr} \\
 16\% &= \frac{16}{100} \times 9550,975 = 1528,160 \text{ gr} \\
 18\% &= \frac{18}{100} \times 9550,975 = 1719,179 \text{ gr} \\
 20\% &= \frac{20}{100} \times 9550,975 = 1910,199 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah kebutuhan semen untuk bahan penyusun *paving block* yang menggunakan variasi 0%, 14%, 16%, 18%, dan 20% sebagai berikut:

0%	= 9550,975 – 0	= 9550,975 gr
14%	= 9550,975 – 1337,140	= 8213,857 gr
16%	= 9550,975 – 1528,160	= 8022,837 gr
18%	= 9550,975 – 1719,179	= 7831,818 gr
20%	= 9550,975 – 1910,199	= 7640,798 gr

Berikut merupakan kebutuhan bahan penyusun *paving block* yang terdiri atas semen, agregat halus (pasir), dan Abu Serbuk Kayu Mahoni yang dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Komposisi Kebutuhan Campuran Paving Block

Variasi (%)	Semen (gram)	Pasir (gram)	Air (gram)	Abu Serbuk (gram)	Jumlah (buah)	Kebutuhan Semen pakai (gram)
0	9550,997	57305,982	3342,849	0	25	9550,997
14	9550,997	57305,982	3342,849	1337,140	25	8213,857
16	9550,997	57305,982	3342,849	1528,160	25	8022,837
18	9550,997	57305,982	3342,849	1719,179	25	7831,818
20	9550,997	57305,982	3342,849	1910,199	25	7640,798
Total Kebutuhan	47754,985	286529,910	16714,245	6494,678	125	41260,307

5.4 Hasil Pengujian *Paving Block*

Pengujian *paving block* yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, dan pengujian penyerapan air. Pengujian dilaksanakan dengan total benda uji 125 buah. Untuk setiap variasi dilebihkan 5 buah untuk mengurangi risiko terjadinya kegagalan pada pengujian. dilaksanakan setelah benda uji direndam selama 28 hari agar mencapai umur optimum kekuatan benda uji tersebut. Pengujian dilakukan pada setiap variasi dengan jumlah 10 buah untuk pengujian kuat tekan, 5 buah untuk pengujian ketahanan aus dan 5 buah penyerapan air.

5.4.1 Pengujian Kuat Tekan

Berikut adalah hasil dari pengujian kuat tekan *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.8 pada halaman selanjutnya.

Analisis Perhitungan:

Contoh perhitungan kuat tekan pada *paving block* kode KT 30 seperti di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Panjang} \quad (p) &= 57 \text{ mm} \\ \text{Lebar} \quad (l) &= 60 \text{ mm} \\ \text{Tebal} \quad (h) &= 57 \text{ mm} \\ \text{Luas} \quad (A) &= p \times l \\ &= 3.420 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Beban Maksimum, (P) = 7.600 kgf (konversi ke Newton)

$$= 7.600 \times 9,80665$$

$$= 74530,54 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{74530,54}{3.420} \\ &= 21,793 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Pada setiap perhitungan kode KT 21, KT 22, KT 23, KT 24, KT 25, KT 26, KT 27, KT 28, KT 29, KT 30 sebelumnya dan seterusnya memiliki perhitungan yang sama, selanjutnya untuk mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata yaitu menggunakan cara menjumlahkan sepuluh hasil perhitungan kuat tekan setiap tabel dan dibagi dengan jumlahkode. Berikut merupakan perhitungan hasil rata-rata dari pengujian kuat tekan.

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Rata-Rata} &= \frac{19,963+18,086+20,496 +20,689+19,704+19,738+19,642+ 19,884+20,694+ 21,793}{10} \\ &= 20,0689 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata (Mpa)
0%	KT1	<u>61</u>	60	62	0,445	38736,2675	10,584	10,5749
	KT2	59	61	68	0,443	41433,0963	11,512	
	KT3	59	60	58	0,413	30400,615	8,588	
	KT4	<u>60</u>	59	59	0,44	25595,3565	7,230	
	KT5	58	61	58	0,42	34078,1088	9,632	
	KT6	60	62	60	0,427	41187,93	11,072	
	KT7	59	60	58	0,424	37755,6025	10,665	
	KT8	60	63	60	0,465	55162,4063	14,593	
	KT9	57	60	57	0,409	34323,275	10,036	
	KT10	58	60	57	0,424	41187,93	11,836	
14%	KT11	59	61	58	0,428	67567,8185	18,774	18,4584
	KT12	58	60	57	0,41	62762,56	18,035	
	KT13	60	61	60	0,419	68254,284	18,649	
	KT14	61	62	60	0,461	71098,2125	18,799	
	KT15	58	62	58	0,421	66440,0538	18,476	
	KT16	57	60	57	0,404	66930,3863	19,570	
	KT17	57	59	58	0,407	62762,56	18,663	
	KT18	58	60	58	0,419	60310,8975	17,331	
	KT19	61	62	60	0,44	68646,55	18,151	
	KT20	57	60	58	0,4	62027,0613	18,137	

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata (Mpa)
16%	KT21	62	62	<u>63</u>	0,437	76737,0363	19,963	20,0689
	KT22	58	61	57	0,410	63988,3913	18,086	
	KT23	60	62	58	0,470	76246,7038	20,496	
	KT24	61	61	61	0,424	76982,2025	20,689	
	KT25	59	62	58	0,428	72078,8775	19,704	
	KT26	59	60	58	0,412	69872,3813	19,738	
	KT27	62	61	61	0,443	74285,3738	19,642	
	KT28	57	61	58	0,405	69136,8825	19,884	
	KT29	60	62	60	0,445	76982,2025	20,694	
	KT30	57	60	57	0,413	74530,54	21,793	
18%	KT31	60	62	60	0,432	71098,2125	19,112	18,6129
	KT32	60	64	60	0,468	68891,7163	17,941	
	KT33	58	63	57	0,456	66930,3863	18,317	
	KT34	59	63	60	0,450	63988,3913	17,215	
	KT35	57	61	57	0,423	68156,2175	19,602	
	KT36	59	61	58	0,439	67175,5525	18,665	
	KT37	58	62	57	0,431	72324,0438	20,112	
	KT38	60	63	61	0,478	70362,7138	18,614	
	KT39	57	61	58	0,400	62272,2275	17,910	
	KT40	58	61	58	0,424	65949,7213	18,640	

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata
20%	KT41	60	62	60	0,444	64135,491	17,241	17,0429
	KT42	59	62	58	0,436	59330,2325	16,219	
	KT43	62	63	60	0,431	70607,88	18,077	
	KT44	58	60	58	0,427	57123,7362	16,415	
	KT45	60	63	60	0,461	70117,5475	18,550	
	KT46	59	62	60	0,454	57859,235	15,817	
	KT47	61	63	62	0,48	72520,1767	18,871	
	KT48	60	62	59	0,439	64233,5575	17,267	
	KT49	59	62	58	0,433	58349,5675	15,951	
	KT50	58	62	57	0,438	57614,0687	16,022	

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat diagram untuk pengujian kuat tekan pada *paving block*. Berikut adalah diagram dari pengujian kuat tekan yang dapat dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Diagram pengujian Kuat Tekan pada *Paving Block*

Berdasarkan hitungan serta diagram seluruh variasi pada pengujian kuat tekan pada *paving block* dapat dilakukan penggolongan mutu pada masing-masing variasi yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut adalah penggolongan mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Penggolongan Mutu Kuat Tekan *Paving Block*

No	Variasi	Hasil Pengujian (Mpa)		Syarat SNI Kuat Tekan (MPa)		Mutu	Fungsi
		Rerata	Min	Rerata	Min		
1.	0%	10,574	8,588	10	8,5	D	Taman
2.	14%	18,458	17,331	15	12,5	C	Pejalan Kaki
3.	16%	20,068	18,086	20	17,0	B	Parkir
4.	18%	18,612	17,215	15	12,5	C	Pejalan Kaki
5.	20%	17,042	15,817	15	12,5	C	Pejalan Kaki

Pengujian kuat tekan dilaksanakan dengan alat mesin kuat tekan. *paving block* sebagai benda uji ditekan hingga hancur dan retak sampai mendapatkan hasil beban maksimum yang didapat oleh benda uji paving block. Sebelum melakukan pengujian kuat tekan, benda uji direndam selama 28 hari dan setelah dalam kondisi kering. Jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan adalah sebanyak 10 sampel untuk setiap variasi. Khusus benda uji untuk pengujian kuat tekan dipotong terlebih dahulu dengan dimensi $\pm 6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ demi menghemat waktu pengujian.

Pada pengujian kuat tekan diperoleh rata-rata pada benda uji paving block normal sebesar 10,574 MPa. Pada paving block variasi 14% dan 16% dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni digunakan sebagai pengganti Sebagian semen mengalami kenaikan sehingga menjadi 18,458 Mpa dan 20,068 Mpa. Untuk paving block variasi

18% dan 20% dengan penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen mengalami penurunan sebesar 18,612 MPa dan 17,042 Mpa.

Dapat diketahui bahwa variasi abu serbuk kayu mahoni sebesar 14% dan 16% mengalami kenaikan pada nilai kuat tekannya, hal ini dikarenakan Kandungan silika yang dimiliki Abu Serbuk Kayu Mahoni dapat memberikan pengaruh pada kuat tekan paving block. Abu Serbuk Kayu Mahoni yang digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen membuat peningkatan pada nilai kuat tekan paving block karena silika yang ada dalam kandungan Abu Serbuk Kayu Mahoni dan daya ikat pada semen memberi peningkatan nilai kuat tekan dari paving block itu sendiri. Maka dari itu paving block dengan variasi 14% dan 16% memiliki peningkatan pada nilai kuat tekannya dari pada paving block normal.

Untuk variasi 18% dan 20%, nilai kuat tekan yang didapat mengalami penurunan, hal ini terjadi karena kandungan silika yang berada dalam Abu Serbuk Kayu Mahoni semakin tinggi dan menyebabkan kalsium hidroksida pada semen berkurang. Kalsium Hidroksida merupakan kandungan yang terdapat di dalam semen. maka saat total semen berkurang maka semakin berkurangnya kalsium hidroksida dalam kandungan *paving block* yang menyebabkan *paving block* akan mudah hancur Ketika diberi tekanan.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilaksanakan, maka penggunaan limbah Abu Serbuk Kayu Mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan paving block telah memberikan peningkatan yang bagus sesuai dengan variasi optimum terhadap nilai kuat tekan *paving block*. *Paving block* dengan penggunaan Abu Serbuk Kayu Mahoni sebagai bahan pengganti Sebagian semen dapat bersaing dengan *paving block* yang ada dipasaran dalam kondisi sesuai pada variasi optimal sebesar 14% dan 16% yang memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa Paving Block dengan penggunaan Abu Serbuk Kayu Mahoni sebagai pengganti sebagian semen memiliki nilai kuat tekan yang optimal pada variasi 16%. Pada SNI-03-0691-1996 syarat lulus

uji kuat tekan untuk paving block rata-rata 40 MPa (kelas mutu A), rata-rata 20 MPa (kelas mutu B), rata-rata 15 (kelas mutu C), dan rata-rata 10 (kelas mutu D). Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan yang telah dilaksanakan, variasi 0% masuk ke dalam mutu D. lalu variasi 14%, 16%, dan 18% masuk ke dalam mutu B yang fungsinya untuk pelataran parkir kemudian pada paving block dengan variasi 20% masuk ke dalam mutu C yang fungsinya untuk Pejalan Kaki.

5.4.2 Pengujian Ketahanan Aus

Berikut adalah hasil dari pengujian ketahanan aus yang dapat dilihat pada tabel 5.10, tabel 5.11, tabel 5.12, tabel 5.13, dan tabel 5.14 di halaman selanjutnya.

Analisis Perhitungan:

Contoh perhitungan pengujian ketahanan aus pada sampel KA 15

Berat awal (sebelum uji), A = 100,02 gr

Berat akhir (setelah uji), B = 99,59 gr

Waktu pengujian, t = 5 menit

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan, G} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{waktu pengujian}} \\ &= \frac{100,02 - 99,59}{5} \\ &= 0,086 \text{ gr/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketahanan aus, D} &= 1,26 \times G + 0,0246 \\ &= 1,26 \times 0,086 + 0,0246 \\ &= 0,13296 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Ketahanan aus (D) rata - rata} &= \frac{0,1329 + 0,1304 + 0,1279 + 0,1304 + 0,1329}{5} \\ &= 0,1309 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 0%

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
0%	KA1	100,2	99,7	0,1	0,1506
	KA2	99,23	98,33	0,18	0,2514
	KA3	107,89	107,27	0,124	0,1808
	KA4	105,4	104,35	0,21	0,2892
	KA5	98,88	98,06	0,164	0,2312
	Rata-rata				

Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 14%

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
14%	KA6	91,2	90,7	0,1	0,1506
	KA7	86,7	86,18	0,104	0,15564
	KA8	95,26	94,73	0,106	0,15816
	KA9	98,34	97,86	0,096	0,14556
	KA10	110,55	110,08	0,094	0,14304
	Rata-rata				

Tabel 5. 12 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 16%

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
16%	KA11	106,46	106,03	0,086	0,13296
	KA12	99,8	99,38	0,084	0,13044
	KA13	118,98	118,57	0,082	0,12792
	KA14	108,2	107,78	0,084	0,13044
	KA15	100,02	99,59	0,086	0,13296
	Rata-rata				

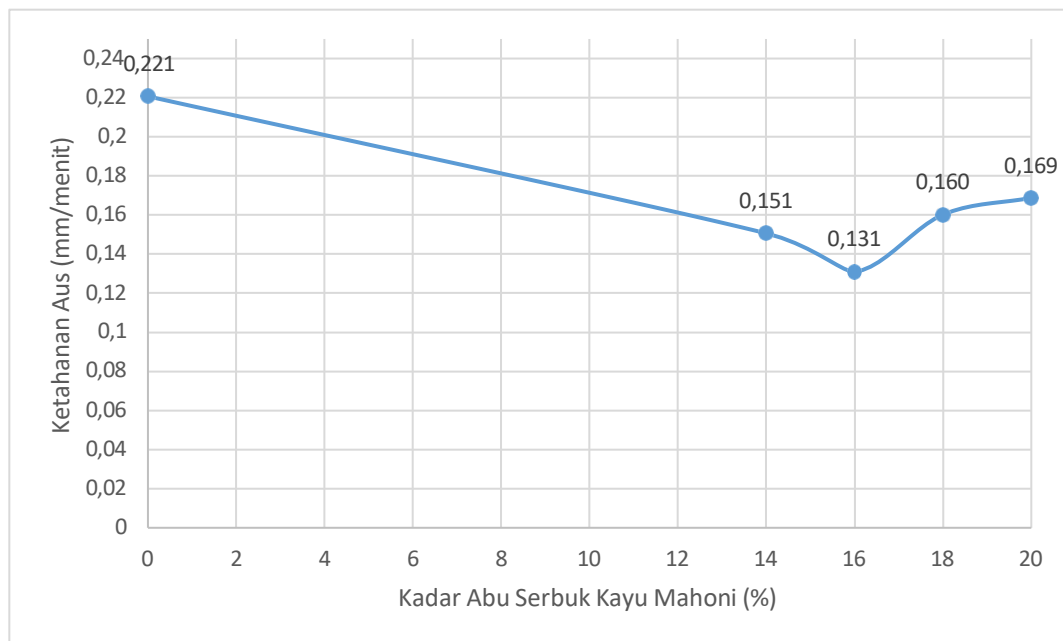
Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 18%

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
18%	KA16	93,24	92,72	0,104	0,15564
	KA17	99,67	99,17	0,1	0,1506
	KA18	96,78	96,24	0,108	0,16068
	KA19	91,23	90,68	0,11	0,1632
	KA20	106,43	105,85	0,116	0,17076
	Rata-rata				

Tabel 5. 14 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 20%

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
20%	KA21	112,45	111,85	0,12	0,1758
	KA22	98,76	98,17	0,118	0,17328
	KA23	102,32	101,74	0,116	0,17076
	KA24	99,89	99,28	0,122	0,17832
	KA25	94,76	94,28	0,096	0,14556
	Rata-rata				

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat grafik untuk pengujian ketahanan aus pada *paving block*. Berikut adalah grafik dari pengujian ketahanan aus yang dapat dilihat pada halaman selanjutnya digambar 5.3.



Gambar 5. 3 Grafik Pengujian Ketahanan Aus

Berdasarkan hitungan serta grafik seluruh variasi pada pengujian ketahanan aus pada *paving block* dapat dilakukan penggolongan mutu pada masing-masing variasi yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut adalah penggolongan mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.15 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 15 Penggolongan Mutu Ketahanan Aus Paving Block

No	Variasi (%)	Ketahanan Aus Rata-rata (mm/menit)	Mutu Paving Block	Fungsi
1	0	0,221	D	Taman
2	14	0,151	C	Pejalan Kaki
3	16	0,131	B	Parkir
4	18	0,160	C	Pejalan Kaki
5	20	0,169	C	Pejalan Kaki

Pelaksanaan pengujian ketahanan aus benda uji dilakukan Ketika umur *paving block* sudah mencapai 28 hari dalam kondisi kering dengan total benda uji sebanyak 5 buah setiap variasinya. Pengujian ketahanan aus dilaksanakan menggunakan mesin ketahanan aus dengan dengan jangka waktu setiap 5 menit. *paving block* yang akan diuji namun digesek dan dari penggesekan itu dapat diketahui nilai ketahanan aus yang dihasilkan dari *paving block*. untuk pengujian ketahanan aus, benda uji dipotong terlebih dahulu dengan dimensi ± 5 cm x 5 cm x 2 cm sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Lalu rata-rata dari hasil ketahanan aus pada benda uji *paving block* normal didapat sebesar 0,221 mm/menit. untuk rata-rata nilai keausan *paving block* dengan variasi abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 14% adalah sebesar 0,151 mm/menit. Untuk rata-rata nilai keausan *paving block* dengan variasi 16% didapat sebesar 0,131 mm/menit. lalu rata-rata nilai keausan *paving block* dengan variasi 18% didapat sebesar 0,160 mm/menit. Dan untuk rata-rata nilai keausan *paving block* dengan variasi 20% didapat sebesar sebesar 0,169 mm/menit.

Berdasarkan data yang tertulis bahwa nilai ketahanan aus pada variasi 18% dan 20% mengalami penurunan, hal ini dikarenakan kadar kalsium hidroksida yang dimiliki semen dan silika yang terdapat bisa mengisi rongga didalam *paving block* dan bisa mengurangi mutu pada ketahanan aus. untuk hasil dari nilai pengujian ketahanan aus yang kualitasnya paling baik dengan penggunaan abu serbuk kayu

mahoni sebagai bahan pengganti sebagian semen ada pada variasi 16% yang masuk ke dalam mutu B pada *paving block* sesuai SNI 03-1691-1996.

Nilai rata-rata dari pengujian ketahanan aus dengan variasi 14% dan 16% mengalami kenaikan, hal ini terjadi karena berkurangnya kadar kalsium hidroksida, namun pada semen kadar kalsium hidroksida lebih besar dari yang ada didalam Abu serbuk kayu mahoni, maka dapat dikatakan penggantian sebagian semen dengan Abu serbuk kayu mahoni telah memberi kenaikan pada mutunya, tetapi untuk variasi 18% dan 20% menurun sedikit. Untuk variasi 14% dan 16% mengalami kenaikan

Berdasarkan analisis data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti semen menghasilkan ketahanan aus yang sesuai dengan standar. Pada SNI 03-0691-1996 syarat lulus uji ketahanan aus untuk *paving block* rata-rata maksimum 0,090 mm/menit (kelas mutu A), rata-rata maksimum 0,130 mm/menit (kelas mutu B), rata-rata maksimum 0,160 mm/menit (kelas mutu C), dan rata-rata maksimum 0,219 mm/menit (kelas mutu D). Berdasarkan hasil pengujian ketahanan aus dari semua variasi telah memenuhi syarat ketahanan aus maksimal dalam SNI 03-0691-1996 karena nilai pengujian ketahanan aus dengan masing-masing variasi 0%, 14%, 16%,18%, dan 20% secara berturut-turut adalah sebesar 0,221 mm/menit, 0,151 mm/menit, 0,131 mm/menit, 0,160 mm/menit, 0,169 mm/menit.

5.4.3 Pengujian Penyerapan Air

Berikut merupakan hasil dari pengujian penyerapan air yang bisa dilihat pada tabel 5.16, tabel 5.17, tabel 5.18, tabel 5.19, dan tabel 5.20 berikut ini.

Analisis Perhitungan:

Berikut merupakan contoh perhitungan pengujian penyerapan air pada sampel P12

Berat basah = 265 gr

Berat kering = 245 gr

Penyerapan air = $\frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat kering}} \times 100\%$

$$= \frac{265-245}{245} \times 100\%$$

$$= 8,326 \%$$

Untuk mendapatkan hasil penyerapan air rata-rata dilakukan dengan cara menjumlahkan kedua hasil perhitungan penyerapan air, lalu dibagi dengan jumlah kode. Berikut merupakan perhitungan hasil rata-rata penyerapan air.

$$\text{Penyerapan air rata-rata} = \frac{8,196+8,326+7,085+6,127+2,852}{5}$$

$$= 6,517 \%$$

Tabel 5. 16 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 0%

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
0%	1	P1	2700	2427	11,2485
	2	P2	2745	2525	8,7129
	3	P3	2550	2367	7,7313
	4	P4	2630	2410	9,1286
	5	P5	2652	2440	8,6885
	Rata - Rata				

Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 14%

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
14%	1	P6	2624	2475	6,0202
	2	P7	2605	2455	6,1100
	3	P8	2660	2450	8,5714
	4	P9	2628	2451	7,2215
	5	P10	2680	2490	7,6305
	Rata - Rata				

Tabel 5. 18 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 16%

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
16%	1	P11	2640	2440	8,1967
	2	P12	2654	2450	8,3265
	3	P13	2675	2498	7,0857
	4	P14	2650	2497	6,1274
	5	P15	2560	2489	2,8526
	Rata - Rata				

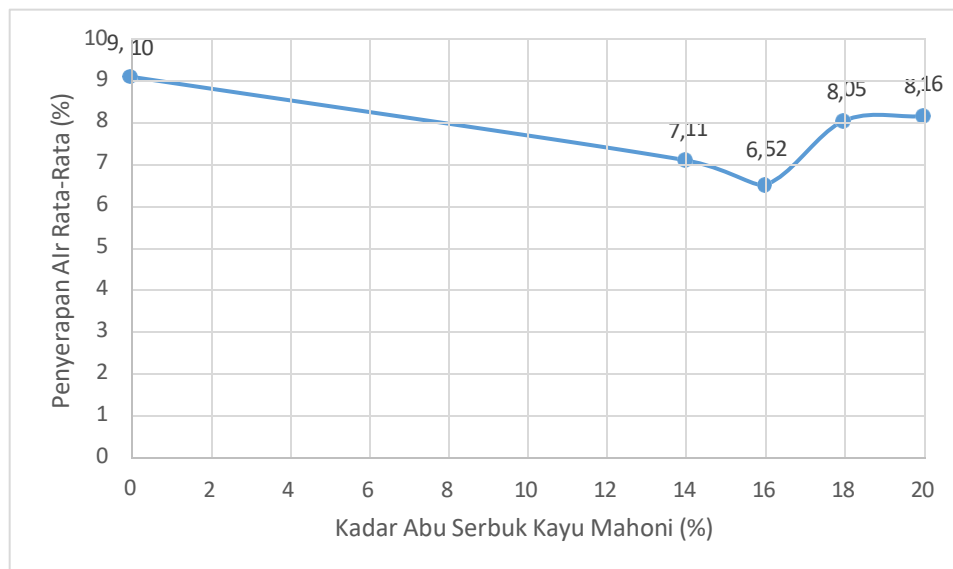
Tabel 5. 19 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 18%

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
18%	1	P16	2531	2360	7,2458
	2	P17	2578	2346	9,8892
	3	P18	2533	2354	7,6041
	4	P19	2501	2354	6,2447
	5	P20	2565	2348	9,2419
	Rata - Rata				

Tabel 5. 20 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 20%

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
20%	1	P21	2670	2445	9,2025
	2	P22	2685	2434	10,3122
	3	P23	2588	2429	6,5459
	4	P24	2590	2432	6,4967
	5	P25	2620	2421	8,2197
	Rata - Rata				

Setelah melakukan perhitungan diatas, kemudian peneliti dapat membuat grafik untuk pengujian penyerapan air pada *paving block*. Berikut adalah grafik dari pengujian penyerapan air yang dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Grafik Pengujian Penyerapan Air Paving Block

Berdasarkan pada hitungan dan grafik seluruh variasi pada pengujian penyerapan air pada *paving block* dapat dilakukan penggolongan mutu pada masing-masing variasi yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut merupakan penggolongan mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.21.

Tabel 5. 21 Penggolongan Mutu Penyerapan Air Paving Block

No	Variasi	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu Paving Block	Fungsi
1	0	9,10	D	Taman dan Penggunaan Lain
2	14	7,11	C	Pejalan Kaki
3	16	6,52	C	Pejalan Kaki
4	18	8,05	D	Taman dan Penggunaan Lain
5	20	8,16	D	Taman dan Penggunaan Lain

Pengujian penyerapan air dilaksanakan dengan merendam benda uji pada saat setelah proses perawatan. Benda uji *paving block* setelah proses perendaman selama 24 jam dan benda uji diproses untuk pemanasan di dalam oven selama 24 jam. *paving block* yang sudah di proses dan dikeluarkan dari oven lalu ditimbang hingga didapat hasil pengujian penyerapan air yang sesuai dengan SNI03-0691-1996.

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air yang telah didapatkan, maka diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* normal sebesar 9,102 %. Untuk nilai rata-rata pengujian penyerapan air *paving block* dengan variasi 14% didapatkan sebesar 7,110 %. Lalu nilai rata-rata pengujian penyerapan air *paving block* dengan variasi 16% didapatkan sebesar 6,517 %. Nilai rata-rata pengujian penyerapan air *paving block* dengan variasi 18% didapatkan sebesar 8,045 %. Dan terakhir, nilai rata-rata pengujian penyerapan air *paving block* dengan variasi 20% didapatkan sebesar 8,155%.

Untuk setiap variasi mengalami kenaikan dan penurunan serapan air dari normal yang mencapai 7,110%; 6,517%; 8,045% dan 8,155%. Penyebabnya karena

sifat yang dimiliki Abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti Sebagian semen pada *paving block* tidak menyerap air dan akan berdampak jika penggunaannya banyak, dan akan membuat nilai penyerapan airnya semakin kecil. Untuk nilai penyerapan air yang paling rendah dari variasi lainnya yaitu terdapat pada *paving block* dengan variasi 16% yaitu sebesar 6,517%.

Dapat disimpulkan bahwa *Paving Block* dengan penggunaan Abu Serbuk Kayu Mahoni sebagai bahan pengganti Sebagian semen mempunyai hasil nilai penyerapan air yang baik untuk setiap variasi karena abu serbuk kayu mahoni mempunyai salah satu sifat yang tidak bisa menyerap air. Pada SNI 03-1691 mutu yang didapat pada pengujian penyerapan air pada *paving block* dengan variasi 14%, dan 16% diklasifikasikan pada mutu C yang berfungsi untuk pejalan kaki %. Dan pada variasi 18 dan 20% memiliki nilai daya serap yang lebih tinggi dibanding dengan variasi lainnya, diklasifikasi pada mutu D yang berfungsi untuk Taman.

5.5 Keseluruhan Pembahasan

Hasil keseluruhan dari pembahasan diatas diketahui nilai rata-rata pengujian kuat tekan dan ketahanan aus yang paling optimal terdapat pada variasi 16% dengan mutu B yang berguna untuk pelataran parkir. Namun, untuk penyerapan air optimal terdapat pada variasi 16% masuk ke dalam mutu C yang berguna untuk pejalan kaki. Untuk nilai kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan air sebesar 20,068 Mpa, 0,131 mm/menit, dan 6,517%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa *Paving Block* dengan penggunaan Abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti Sebagian semen dapat meningkatkan nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air dari *paving block* normal tanpa variasi apapun. Namun, ketika penggunaan variasi abu serbuk kayu mahoni terlalu banyak akan menyebabkan nilai kuat tekan dan ketahanan aus menurun. Hal ini terjadi karena berkurangnya kadar kalsium hidroksida dalam abu serbuk kayu mahoni yang mengakibatkan pemadatan tidak sempurna dan menyebabkan nilai kuat tekan dan ketahanan aus menjadi turun, lalu berkurangnya jumlah semen yang digunakan membuat kalsium hidroksida dan daya ikat yang berada didalam semen menjadi berkurang karena kadar kalsium hidroksida semen lebih tinggi dari Abu serbuk kayu mahoni, jadi jika kalsium hidroksida semakin

berkurang dan daya ikat pada semen dalam kandungan *paving block*, yang menyebabkan *paving block* akan mudah hancur.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan pada *paving block* yang diberikan Abu Serbuk Kayu Mahoni sebagai pengganti sebagian semen yang dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kuat tekan rata-rata dari *paving block* yang sudah dilakukan pengujian pada saat keadaan normal dan tidak diberikan bahan pengganti didapat sebesar 10,5749 MPa, lalu kuat tekan rata-rata dari *paving block* dengan variasi 14%, 16%, 18% dan 20% secara berturut-turut didapatkan sebesar 18,4584 MPa, 20,0689 MPa, 18,6129 MPa dan 17,0429 MPa. berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diketahui bahwa pengaruh penambahan Abu Serbuk Kayu Mahoni sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan nilai kuat tekan di variasi 14% dan 16%, selanjutnya untuk variasi 18% dan 20% nilai kuat tekan yang didapatkan menurun.
2. Ketahanan aus rata-rata *paving block* yang sudah dilakukan pengujian dalam keadaan normal dan tidak diberikan bahan pengganti didapat sebesar 0,221 mm/menit, lalu nilai Ketahanan aus rata-rata dari *paving block* dengan variasi 14%, 16%, 18% dan 20% secara berturut-turut didapatkan sebesar 0,151 mm/menit, 0,131 mm/menit, 0,160 mm/menit dan 0,169 mm/menit. berdasarkan hasil penelitian ini, pengaruh penambahan Abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen dalam pengujian ketahanan aus dapat meningkatkan nilai ketahanan aus pada variasi 14% dan 16%, lalu di variasi 18% dan 20% nilai ketahanan aus menurun.
3. Penyerapan air rata-rata *paving block* yang sudah dilakukan pengujian dalam keadaan normal dan tidak diberikan bahan pengganti didapat sebesar 9,10 %, lalu

nilai penyerapan air rata-rata dari *paving block* dengan variasi 14%, 16%, 18% dan 20% secara berturut-turut didapatkan sebesar 7,110%, 6,517%, 8,0451% dan 8,155%. berdasarkan hasil penelitian ini, pengaruh penambahan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen dalam pengujian penyerapan air menyebabkan penurunan pada nilai penyerapan air dari variasi normal.

4. berdasarkan hasil yang telah didapatkan, nilai campuran optimal dari pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air terdapat pada variasi 16%, yang memiliki nilai kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan air sebesar 20,068 MPa, 0,131 mm/menit, dan 6,517%.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditinjau kelebihan dan kekurangan yang ada pada penelitian ini, selanjutnya untuk hal yang perlu diperbaiki sehingga peneliti bisa memberikan saran untuk penelitian selanjutnya. Berikut merupakan saran yang bisa diberikan untuk penelitian selanjutnya.

1. Untuk penelitian selanjutnya, penggunaan Abu serbuk kayu mahoni sebaiknya dapat dicoba dengan menggunakan variasi sebesar 14% hingga 18% untuk mendapatkan nilai mutu kuat tekan paving block yang tinggi dan optimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu diadakan pemilihan serbuk kayu mahoni yang memiliki kualitas bagus sebelum dilakukan proses pembakaran hingga menjadi Abu Serbuk Kayu Mahoni.

DAFTAR PUSTAKA

- Alip Nur, dkk. 2022. Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu *Paving Block*.
- SNI 03-2834-2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-0691-1996. *Bata Beton (Paving block)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-6861.1-2002. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-1971-1990
- SNI 1990. *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat halus dan Kasar*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-1968-1990
- SNI 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-19-1990
- SNI 1996. *Bata Beton (Paving Block)*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-0691-1996
- SNI 2004. *Semen Portland*. Standar Nasional Indonesia. SNI 15-2049-2004
- SNI 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Standar Nasional Indonesia. SNI 1970-2008
- Tjokrodinuljo. 2007. *Teknologi Beton*. KMTS FT UGM. Yogyakarta.

LAMPIRAN



**MODULUS HALUS BUTIR (MHB)
ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS**

Keperluan : Tugas Akhir

Asal Pasir : Pasir Merapi

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,00	0,00	100,00
20		0,00	0,00	100,00
10		0,00	0,00	100,00
4,8	2	0,10	0,10	99,90
2,4	80	4,02	4,12	95,88
1,2	247	12,42	16,55	83,45
0,6	569	28,62	45,17	54,83
0,3	519	26,11	71,28	28,72
0,15	340	17,10	88,38	11,62
Pan	231	11,62		
Jumlah	1988	100,00	225,60	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} & : \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\
 & : \frac{225,6}{100} \\
 & : 2,256
 \end{aligned}$$



GRADASI AGREGAT HALUS

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

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

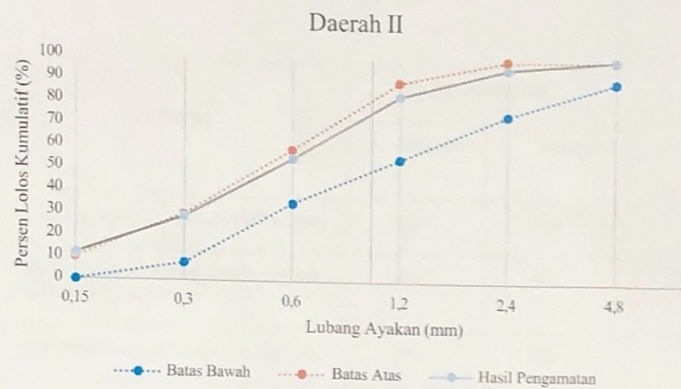
Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah IV : Pasir Halus



GRAFIK ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Hasil Analisis Saringan :

Pasir masuk ke : Daerah II
 Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

Keterangan :

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



PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO.200
(UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	487	472	479,5
Persentasi yang lolos ayakan No.200	3%	6%	4%



PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Keperluan : Tugas Akhir
Asal Pasir : Pasir Merapi

Uraian	Hasil Pengukuran		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder	15,034	15,022	15,028
Tinggi silinder	30,5	30,12	30,310
Berat tabung (W1)	10326	10421	10373,5
Berat tabung + agregat SSd (W2)	18522	17622	18072,0
Berat agregat (W3)	8196	7201	7698,5
Volume tabung (V)	5414,256	5338,268	5376,262
Berat Volume gembur (W3/V)	1,514	1,349	1,431

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &: \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &: \frac{7698,5}{5376,262} \\
 &: 1,431 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Keperluan : Tugas Akhir
Asal Pasir : Pasir Merapi

Uraian	Hasil Pengukuran		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Diameter silinder	15,034	15,022	15,028
Tinggi silinder	30,5	30,12	30,310
Berat tabung (W1)	10326	10421	10374
Berat tabung + agregat SSd (W2)	19618	19562	19590
Berat agregat (W3)	9292	9141	9217
Volume tabung (V)	5414,256	5338,268	5376,262
Berat Volume gembur (W3/V)	1,716	1,712	1,714

Berat Volume Padat : $\frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}}$
 : $\frac{9217}{5376,262}$
 : 1,714 gram/cm³



**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT
ABU SERBUK KAYU MAHONI**

Keperluan : Tugas Akhir
Asal Bahan : Limbah Serbuk Kayu Mahoni

Uraian	Hasil Pengukuran		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Diameter silinder	15,034	15,022	15,028
Tinggi silinder	30,5	30,12	30,310
Berat tabung (W1)	10326	10421	10374
Berat tabung + agregat SSd (W2)	14178	14289	14234
Berat agregat (W3)	3852	3868	3860
Volume tabung (V)	5414,256	5338,268	5376,262
Berat Volume gembur (W3/V)	0,711	0,725	0,718

Berat Volume Padat : $\frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}}$
 : $\frac{3860}{5376,262}$
 : 0,718 gram/cm³



FAKULTAS PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN TEKNIK SIPIL

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR
ABU SERBUK KAYU MAHONI**

Keperluan : Tugas Akhir
Asal Bahan : Limbah Serbuk Kayu Mahoni

Uraian	Hasil Pengukuran		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder	15,034	15,022	15,028
Tinggi silinder	30,5	30,12	30,310
Berat tabung (W1)	10326	10421	10373,5
Berat tabung + agregat SSd (W2)	13399	13794	13596,5
Berat agregat (W3)	3073	3373	3223
Volume tabung (V)	5414,256	5338,268	5376,262
Berat Volume gembur (W3/V)	0,568	0,632	0,600

Berat Volume Gembur : $\frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}}$
 : $\frac{3223}{5376,262}$
 : 0,600 gram/cm³



HASIL LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN *PAVING BLOCK*
(PERAWATAN 28 HARI)

Nama : Faiz Aulia Rahman
 NIM : 17511170
 Prodi : Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata
0%	KT1	61	60	62	0,445	38736,2675	10,584	10,5749
	KT2	59	61	68	0,443	41433,09625	11,512	
	KT3	59	60	58	0,413	30400,615	8,588	
	KT4	60	59	59	0,44	25595,3565	7,230	
	KT5	58	61	58	0,42	34078,10875	9,632	
	KT6	60	62	60	0,427	41187,93	11,072	
	KT7	59	60	58	0,424	37755,6025	10,665	
	KT8	60	63	60	0,465	55162,40625	14,593	
	KT9	57	60	57	0,409	34323,275	10,036	
	KT10	58	60	57	0,424	41187,93	11,836	



Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata
14%	KT11	59	61	58	0,428	67567,8185	18,774	18,4584
	KT12	58	60	57	0,41	62762,56	18,035	
	KT13	60	61	60	0,419	68254,284	18,649	
	KT14	61	62	60	0,461	71098,2125	18,799	
	KT15	58	62	58	0,421	66440,05375	18,476	
	KT16	57	60	57	0,404	66930,38625	19,570	
	KT17	57	59	58	0,407	62762,56	18,663	
	KT18	58	60	58	0,419	60310,8975	17,331	
	KT19	61	62	60	0,44	68646,55	18,151	
	KT19	57	60	58	0,4	62027,06125	18,137	
Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata
16%	KT21	62	62	63	0,437	76737,03625	19,963	20,0689
	KT22	58	61	57	0,410	63988,39125	18,086	
	KT23	60	62	58	0,470	76246,70375	20,496	
	KT24	61	61	61	0,424	76982,2025	20,689	
	KT25	59	62	58	0,428	72078,8775	19,704	
	KT26	59	60	58	0,412	69872,38125	19,738	
	KT27	62	61	61	0,443	74285,37375	19,642	
	KT28	57	61	58	0,405	69136,8825	19,884	
	KT29	60	62	60	0,445	76982,2025	20,694	
	KT30	57	60	57	0,413	74530,54	21,793	



Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata
18%	KT31	60	62	60	0,432	71098,2125	19,112	18,6129
	KT32	60	64	60	0,468	68891,71625	17,941	
	KT33	58	63	57	0,456	66930,38625	18,317	
	KT34	59	63	60	0,450	63988,39125	17,215	
	KT35	57	61	57	0,423	68156,2175	19,602	
	KT36	59	61	58	0,439	67175,5525	18,665	
	KT37	58	62	57	0,431	72324,04375	20,112	
	KT38	60	63	61	0,478	70362,71375	18,614	
	KT39	57	61	58	0,400	62272,2275	17,910	
	KT40	58	61	58	0,424	65949,72125	18,640	

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata
20%	KT51	60	62	60	0,444	64135,491	17,241	17,0429
	KT52	59	62	58	0,436	59330,2325	16,219	
	KT53	62	63	60	0,431	70607,88	18,077	
	KT54	58	60	58	0,427	57123,73625	16,415	
	KT55	60	63	60	0,461	70117,5475	18,550	
	KT56	59	62	60	0,454	57859,235	15,817	
	KT57	61	63	62	0,48	72520,17675	18,871	



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

KT58	60	62	59	0,439	64233,5575	17,267
KT59	59	62	58	0,433	58349,5675	15,951
KT50	58	62	57	0,438	57614,06875	16,022

Didata,
Laboran

(Daru Salam, A.Md.)

Disetujui oleh,
Kepala Laboratorium BKT

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



Disahkan Oleh,
Ketua Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

(Ir. Bertian Kusnari, S.T., M.Eng., IPM, ASEAN Eng.)



HASIL LAPORAN PENGUJIAN KETAHANAN AUS *PAVING BLOCK*
(PERAWATAN 28 HARI)

Nama : Faiz Aulia Rahman
NIM : 17511170
Prodi : Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (grm/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
0%	KA1	100,2	99,7	0,1	0,1506
	KA2	99,23	98,33	0,18	0,2514
	KA3	107,89	107,27	0,124	0,1808
	KA4	105,4	104,35	0,21	0,2892
	KA5	98,88	98,06	0,164	0,2312
Rata-rata					0,220656

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (grm/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
14%	KA6	91,2	90,7	0,1	0,1506
	KA7	86,7	86,18	0,104	0,15564
	KA8	95,26	94,73	0,106	0,15816
	KA9	98,34	97,86	0,096	0,14556
	KA10	110,55	110,08	0,094	0,14304
Rata-rata					0,1506



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (grm/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
16%	KA11	106,46	106,03	0,086	0,13296
	KA12	99,8	99,38	0,084	0,13044
	KA13	118,98	118,57	0,082	0,12792
	KA14	108,2	107,78	0,084	0,13044
	KA15	100,02	99,59	0,086	0,13296
	Rata-rata				

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (grm/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
18%	KA16	93,24	92,72	0,104	0,15564
	KA17	99,67	99,17	0,1	0,1506
	KA18	96,78	96,24	0,108	0,16068
	KA19	91,23	90,68	0,11	0,1632
	KA20	106,43	105,85	0,116	0,17076
	Rata-rata				



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (grm/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
20%	KA21	112,45	111,85	0,12	0,1758
	KA22	98,76	98,17	0,118	0,17328
	KA23	102,32	101,74	0,116	0,17076
	KA24	99,89	99,28	0,122	0,17832
	KA25	94,76	94,28	0,096	0,14556
	Rata-rata				0,168744

Didata,
Laboran

(Daru Salam, A.Md.)

Disetujui oleh,
Kepala Laboratorium BKT

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

Disahkan Oleh,
Manajer Laboratorium Jurusan Teknik Sipil



(Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM, ASEAN Eng.)



HASIL LAPORAN PENGUJIAN DAYA SERAP AIR *PAVING BLOCK*
(PERAWATAN 28 HARI)

Nama : Faiz Aulia Rahman
 NIM : 17511170
 Prodi : Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Tugas Akhir

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
0%	1	P1	2700	2427	11,2485
	2	P2	2745	2525	8,7129
	3	P3	2550	2367	7,7313
	4	P4	2630	2410	9,1286
	5	P5	2652	2440	8,6885
Rata - Rata					9,1020

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
14%	1	P6	2624	2475	6,0202
	2	P7	2605	2455	6,1100
	3	P8	2660	2450	8,5714
	4	P9	2628	2451	7,2215
	5	P10	2680	2490	7,6305
Rata - Rata					7,1107



Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
16%	1	P11	2640	2440	8,1967
	2	P12	2654	2450	8,3265
	3	P13	2675	2498	7,0857
	4	P14	2650	2497	6,1274
	5	P15	2560	2489	2,8526
Rata - Rata					6,5178

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
18%	1	P16	2531	2360	7,2458
	2	P17	2578	2346	9,8892
	3	P18	2533	2354	7,6041
	4	P19	2501	2354	6,2447
	5	P20	2565	2348	9,2419
Rata - Rata					8,0451



SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 19/ Ka.Lab/60/LBKT/1/2024

Bismillahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

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

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : FAIZ AULIA RAHMAN
 N I M : 17511170
 Program Studi : S1 Teknik Sipil
 Dosen Pembimbing TA : Elvis Saputra, 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 **"PENGARUH PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU MAHONI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP MUTU PAVING BLOCK"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya *).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Di data oleh :
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md

Yogyakarta, 23 Januari 2024

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,

Malik Mushthofa, S. T., M. Eng

Disahkan oleh :

Mandir Laboratorium Jur. Tek. Sipil



Ir. Berlian Keshari, S. T., M.Eng. IPM., ASEAN. Eng

* Nota/Kwitansi terlampir