

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU JATI
TERHADAP DAYA SERAP AIR , KEAUSAN, DAN
KUAT TEKAN PADA *PAVING BLOCK***

***(THE EFFECT OF JATI ASH WOOD'S ADDITION TOWARD
ABSORPTION, ABRATION, AND COMPRESSIVE STRENGTH
OF PAVING BLOCK)***

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



Asteria Indah Safira

12511243

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

2016

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SERBUK KAYU JATI TERHADAP DAYA SERAP AIR, KEAUSAN, DAN KUAT TEKAN PADA *PAVING BLOCK*

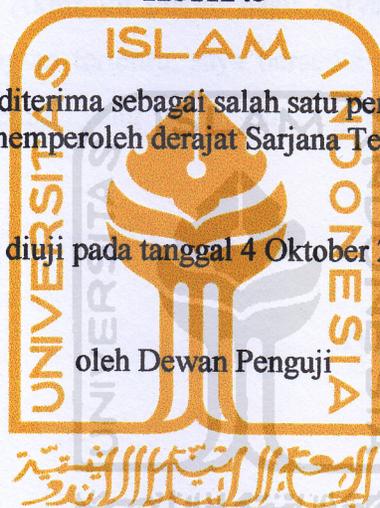
disusun oleh

Asteria Indah Safira
12511243

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

diuji pada tanggal 4 Oktober 2016

oleh Dewan Penguji



Pembimbing

Ir. Helmy Akbar Bale, M.T.

Penguji I

Ir. Suharvatma, M.T.

Penguji II

Yunalia Muntafi, S.T., M.T.

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 1 September 2016

Yang membuat pernyataan,



Astoria Indah 12511243

HALAMAN PERSEMBAHAN

Beribu-ribu syukur tang tak henti-henti penulis hanturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta sholawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat penyelesaian Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Alm. Bapak saya, Alm. Bapak Sugiman dan Ibu saya, Ibu Yuliati yang sangat saya cintai, terimakasih atas kasih sayang, doa, dukungan, semangat, materi yang telah diberikan kepada saya dari lahir sampai sekarang sehingga saya menjadi Sarjana Teknik Sipil. Kalian adalah hidupku, penyemangatku.
2. Adikku tersayang, Rika Ratna Juwita terima kasih atas motivasi yang telah diberikan untuk saya.
3. Kekasih tercinta, Anjar Setyo Nugroho. Terima kasih sudah menjadi pendengar segala keluh kesah saya, terimakasih atas dukungannya selama ini, yang selalu mengingatkan saya untuk cepat lulus. Terima kasih untuk doa dan segalanya yang telah diberikan untuk saya.
4. Teman-teman Kel. Lom. Belajar. Galuh, Arnis, Anggi, Anya, Rio, Erwin, Jani, Hakim, Tiko, Adul, Faisal, Agung, Adi, Iqbal, Grosni. Kalian adalah sahabat sekaligus keluarga yang selalu membantu selama 4 tahun ini. Semoga hubungan kita selalu terjalin dengan baik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Jati Terhadap Daya Serap Air, Ketahanan Terhadap Aus, Dan Kuat Tekan Pada Paving Block*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, M. T. selaku dosen pembimbing,
2. Bapak Ir. Suharyatmo, M. T. selaku penguji I,
3. Ibu Yunalia Muntafi, ST. M. T. selaku penguji II,
4. Ibu saya yang telah berkorban begitu banyak baik materi maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.
5. Garry Guntara selaku partner penelitian saya yang telah berjuang bersama selama penelitian.

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

Yogyakarta, 1 September 2016

Penulis,

Asteria Indah Safira

12511243

DAFTAR ISI

Judul	i
Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	x
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN	3
1.5 BATASAN PENELITIAN	4
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 PENELITIAN SEBELUMNYA	6
2.2 PERBEDAAN PENELITIAN	10
2.3 KEASLIAN PENELITIAN	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 DEFINISI <i>PAVING BLOCK</i>	12
3.2 KELEBIHAN DAN KELEMAHAN	13
3.3 KLASIFIKASI	14
3.4 SYARAT MUTU	14

3.5 MATERIAL PENYUSUN	15
3.5.1 Semen Portland	15
3.5.2 Air	21
3.5.3 Kekuatan Pasta Semen dan Faktor Air Semen	22
3.5.4 Agregat	23
3.5.5 Abu Serbuk Kayu	25
3.6 PENGUJIAN <i>PAVING BLOCK</i>	27
3.6.1 Kuat Tekan	27
3.6.2 Daya Serap Air	27
3.6.3 Ketahanan Terhadap Aus	28
BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 BENDA UJI	29
4.2 LOKASI PENELITIAN	30
4.3 WAKTU PENELITIAN	30
4.4 PERALATAN	30
4.5 PELAKSANAAN PENELITIAN	32
4.5.1 Persiapan Bahan	32
4.5.2 Proses Pencampuran	35
4.5.3 Pembuatan Benda Uji	35
4.5.4 Perawatan Benda Uji	36
4.5.5 Pemotongan Benda Uji	36
4.5.6 Pengujian Benda Uji	36
4.6 TAHAP PEMBAHASAN	37
BAB V ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN	38
5.1 PENGUJIAN BAHAN	38
5.1.1 Semen	38
5.1.2 Air	38
5.1.3 Agregat Halus	38
5.2 KEBUTUHAN CAMPURAN	39
5.3 PENGUJIAN DAYA SERAP <i>PAVING BLOCK</i>	39
5.4 PENGUJIAN KEAUSAN <i>PAVING BLOCK</i>	43

5.5 PENGUJIAN KUAT TEKAN <i>PAVING BLOCK</i>	47
5.6 HUBUNGAN ANTARA DAYA SERAP, KEAUSAN, DAN KUAT TEKAN <i>PAVING BLOCK</i>	50
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	54
6.1 SIMPULAN	54
6.2 SARAN	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	62



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pembagian Benda Uji Dari Masing-Masing Komposisi	4
Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisika Bata Beton	14
Tabel 3.2 Komposisi Umum Oksida-Oksida Semen Portland Jenis I	17
Tabel 3.3 Jenis-Jenis Semen Portland Dengan Sifat-Sifatnya	18
Tabel 3.4 Gradasi Pasir Menurut British Standard	24
Tabel 3.5 Sifat-Sifat Hasil Pembakaran Serbuk Kayu	25
Tabel 5.1 Komposisi Campuran Benda Uji	39
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Daya Serap Paving Block Dengan Kadar Abu 0%	40
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Daya Serap Paving Block Dengan Kadar Abu 18%	40
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Daya Serap Paving Block Dengan Kadar Abu 20%	41
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Daya Serap Paving Block Dengan Kadar Abu 22%	41
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Keausan Paving Block Dengan Kadar Abu 0%	44
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Keausan Paving Block Dengan Kadar Abu 18%	44
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Keausan Paving Block Dengan Kadar Abu 20%	45
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Keausan Paving Block Dengan Kadar Abu 22%	45
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Dengan Kadar Abu 0%	48
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Dengan Kadar Abu 18%	48
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Dengan Kadar Abu 20%	49
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Dengan Kadar Abu 22%	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Dimensi Paving Block Asli	28
Gambar 4.2 Dimensi Paving Block Kubus Sesuai SNI	28
Gambar 4.3 Bagan Alir Prosedur Penelitian	37
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu Jati Terhadap Daya Serap Paving Block	42
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Penambahan Abu Serbuk Kayu Jati Terhadap Keausan Paving Block	46
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Penambahan Abu Serbuk Kayu Jati Terhadap Kuat Tekan Paving Block	50
Gambar 5.4 Hubungan Antara Daya Serap, Ketahanan Terhadap Aus, dan Kuat Tekan Paving Block	52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Modulus Halus Butir/Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-1968- 1990)	57
Lampiran 2 Gambar Analisa Saringan Agregat Halus	58
Lampiran 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan, Daya Serap, Dan Keausan <i>Paving Block</i>	59
Lampiran 4 Gambar Alat, Bahan, Dan Benda Uji	60

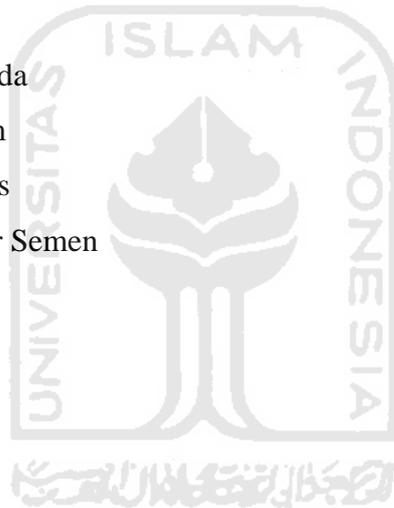


DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C_3S	: Trikalsium Silikat
C_2S	: Dikalsium Silikat
CSH	: Kalsium Silikat Hidrat
$Ca(OH)_2$: Kalsium Hidroksida
C	: Karbon
H	: Hidrogen
O	: Oksigen
CO_2	: Karbondioksida
H_2O	: Air
N	: Nitrogen
P	: Fosfor
K	: Kalium
Ca	: Kalsium
Mg	: Magnesium
Si	: Silika
Al	: Alumunium
Na	: Natrium
Mn	: Mangan
Fe	: Besi
Pc	: Semen
Ps	: Pasir
SNI	: Standar Nasional Indonesia
$MgSO$: Magnesium Sulfat
MPa	:
DSN	: Dewan Standarisasi Nasional
CM	: Centimeter
MM	: Milimeter



PUBI	: Peraturan Umum Bangunan Di Indonesia
Cl	: Khlorin
P	: Beban Tekan
L	: Luas Bidang
N	: Newton
A	: berat <i>Paving Block</i> Basah
B	: Berat <i>Paving Block</i> Kering
D	: Keausan
G	: Kehilangan Berat/Lama Pengausan
KN	: Kilo Newton
C	: Celcius
W	: Berat Benda
Kg	: Kilo Gram
Bj	: Berat Jenis
Fas	: Faktor Air Semen



ABSTRAK

Paving Block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrasi sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bahan beton itu. Kebutuhan material konstruksi semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan pembangunan. Salah satu material yang sering dan mudah digunakan adalah paving block. Untuk meningkatkan mutu dari paving block dapat dilakukan dengan menambahkan bahan tambah pada campurannya, seperti abu serbuk kayu.

Limbah serbuk kayu biasanya hanya digunakan sebagai bahan bakar tungku atau dibuat menjadi bentuk briket. Menurut Sunardi (1976), komponen utama abu kayu adalah Kalsium (Ca), Kalium (K), Magnesium (Mg), Silika (Si). Karena abu serbuk kayu belum dimanfaatkan secara optimal dan memiliki unsur silika yang sama seperti yang dimiliki semen, maka penelitian ini mencoba mencampurkan abu serbuk kayu Jati sebagai bahan tambah pada campuran paving block tanpa mengurangi jumlah kebutuhan semen untuk memperoleh mutu yang tinggi.

Dari hasil penelitian diperoleh hasil rata-rata kuat tekan dari penambahan kadar abu serbuk kayu Jati 0%, 18%, 20% 22% berturut-turut sebesar 23,670 MPa, 33,580 MPa, 27,832 MPa, dan 30,781 MPa. Hasil rata-rata penyerapan air dari penambahan kadar abu serbuk kayu Jati 0%, 18%, 20%, dan 22% berturut-turut sebesar 7,02%, 6,72%, 7,02%, 6,34%. Sedangkan hasil keausan paving block dari penambahan abu serbuk kayu Jati dengan kadar 0%, 18%, 20%, dan 22% berturut-turut sebesar 0,1212 mm/menit, 0,2766 mm/menit, 0,3480 mm/menit, 0,3648 mm/menit.

Kata kunci : Paving Block, Abu Serbuk Kayu, Kuat Tekan, Daya Serap, Keausan

ABSTRACT

Paving Block is a composition of the building material made from a mixture of cement portland or other adhesive hydration material, water, and agregate with or without additional material charges that does not reduce the quality of concrete material. The need for construction material has been increasing as the development. One of the material that is often and easy to use is paving block. To improve the quality of paving block can be done by adding additional material charges in a mixture of such as ash wood.

Waste of ash wood usually only used as fuel of furnaces or made into briquette. According to sunardi (1976), a major component of ash wood is Calcium (Ca), Potassium (K), Magnesium (Mg), Silica (Si). Because the utilization of ash wood not be optimally and have the element of silica, which is the same as cement, so this research is trying to mix the ashes of the teak wood as an addition material charges to the paving block without reducing the amount of the cement's need to get the high quality of concrete materials.

The results of the research obtained the average of the strongth pressure from the addition of ash wood in levels 0%, 18%, 20%, and 22% are 23,670 MPa, 33,580 MPa, 27,832 MPa, and 30,781 MPa. The average results of water absorbtion from the addition of ash wood in level 0%, 18%, 20%, and 22% are 7,02%, 6,72%, 7,02%, 6,34%. Meanwhile the results of paving block abration from the addition ash wood in levels 0%, 18%, 20%, and 22% are 0,1212 mm/minutes, 0,2766 mm/minutes, 0,3480 mm/minutes, 0,3648 mm/minutes.

Key Words : *Paving Block, Ash Wood, Stongth Pressure, Absorbtion, Abtration*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dunia konstruksi di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang semakin pesat. Hal ini mempengaruhi kebutuhan jumlah material konstruksi. Material yang sering digunakan adalah bata beton (*paving block*) karena pembuatannya dapat dilakukan secara komersial, dan mudah dalam pemasangannya. Menurut SNI 03-0691-1996, bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrasi sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bahan beton itu. *Paving block* tersusun dari semen, pasir, dan air. Semen merupakan salah satu bahan dasar *paving block* yang memiliki peranan besar dalam pengikatan antar materialnya.

Semen sendiri tersusun dari unsur utama yaitu *trikalsium silikat* (C_3S) dan *dikalsium silikat* (C_2S). Saat semen dicampur dengan air maka akan terjadi proses hidrasi yang menghasilkan *kalsium silikat hidrat* (CSH), panas, dan *kalsium hidroksida* ($Ca(OH)_2$). Namun, secara ekonomis harga semen saat ini relatif mahal. Oleh karena itu, muncul inovasi baru yang dapat menekan penggunaan semen dengan memanfaatkan limbah yang memiliki unsur kimia yang sama dengan semen. Salah satu limbah yang sangat mudah dijumpai yaitu limbah serbuk kayu Jati. Limbah tersebut masih jarang dimanfaatkan bahkan hanya dibuang atau dibakar sehingga tingkat pencemaran lingkungan semakin besar. Hasil pembakaran serbuk kayu tersebut menghasilkan unsur kimia berupa silika. Kayu Jati sebagian besar tersusun oleh unsur C, H, dan O. Unsur-unsur tersebut berasal dari udara berupa CO_2 , dan dari tanah berupa H_2O . Namun, dalam kayu juga terdapat unsur-unsur lain seperti N, P, K, Ca, Mg, Si, Al, Na. Unsur-unsur tersebut tergabung dalam sejumlah senyawa organik. (Fengel & Wegener, 1995). Menurut Sunardi (1976), (dalam chrismunandar, 2013), 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 *aluminium* (Al). Radikal asam yang umum terdapat dalam abu adalah karbohidrat, fosfor, silikat, sulfat, dan klorida. Kayu mengandung mineral (komponen-komponen anorganik) dalam jumlah kecil, dinyatakan sebagai kadar abu. Sebelumnya telah dilakukan penelitian sejenis yang menggunakan abu serbuk kayu Merbau yang dilakukan oleh Lis Ayu Widari. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa pengaruh penambahan abu serbuk kayu Merbau dalam campuran *Paving block* pada persentase 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% memiliki daya serap sebesar 1,463%; 4,435%; 3,529%; 2,555% dan 3,063%.

Pada penelitian ini diperoleh kuat tekan optimum pada penambahan 20% abu serbuk kayu Merbau yaitu sebesar 14,792 Mpa dengan daya serap minimum 2,555%. Pada variasi ini pengikatan yang terjadi antara silika yang dihasilkan dengan kalsium hidroksida sudah mencapai titik optimum. Karena abu pembakaran serbuk kayu memiliki unsur kimia silika yang sama dengan unsur kimia yang dimiliki oleh semen dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan *paving block*, maka penelitian ini ingin mencoba mengolah limbah abu serbuk kayu Jati sebagai bahan tambah dengan variasi penambahan 0%, 18%, 20%, 22% untuk melihat pengaruh penambahan abu serbuk kayu Jati terhadap daya serap, kuat tekan, dan keausan *paving block* mengingat bahwa kayu Jati mempunyai kualitas yang berbeda dengan kayu Merbau, maka perlu diteliti apakah abu serbuk kayu Jati memiliki pengaruh yang sama dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan abu serbuk kayu Merbau..

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka permasalahan yang akan ditinjau dalam penelitian ini yaitu :

1. Berapa besar pengaruh yang dihasilkan dari adanya penambahan serbuk kayu Jati terhadap karakteristik penyerapan air, kuat tekan, serta keausan *paving block* ?

2. Berapa hasil komposisi campuran terbaik antara abu serbuk kayu Jati, semen, pasir, dan air sehingga menghasilkan mutu *paving block* paling tinggi sesuai dengan SNI 03-0691-1996 ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, maka tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh penambahan serbuk kayu Jati terhadap karakteristik penyerapan air, kuat tekan, serta keausan *paving block*.
2. Mengetahui komposisi terbaik yang merupakan campuran dari serbuk kayu Jati, semen, air, dan pasir yang menghasilkan mutu *paving block* paling tinggi sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat maupun bagi penulis, yaitu :

1. Penulis memperoleh wawasan dan ilmu baru terkait dengan penelitian yang telah dilakukan.
2. Memberikan inovasi bagi industri *paving block* untuk memanfaatkan serbuk kayu Jati sebagai bahan campuran pembuatan *paving block* sehingga dapat menekan biaya produksi.
3. Mengurangi pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari pembuangan serbuk kayu Jati.

1.5 BATASAN MASALAH

Untuk menyederhanakan analisis dalam penelitian, maka penelitian ini diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada uji daya serap air, kuat tekan, dan keausan pada *paving block*.

2. Serbuk kayu Jati yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari desa Gunungcilik, Gedangsari, Gunungkidul.
3. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan berdiameter 10 mm.
4. Serbuk kayu jati yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk gergaji yang lolos saringan N0.200.
5. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCC Merk Holcim yang dibungkus dalam kemasan 50 kg.
6. Jumlah benda uji yang digunakan adalah 24 buah dengan kadar penambahan abu serbuk kayu Jati 0%, 18%, 20%, dan 22% dari berat semen, dan untuk setiap variasi menggunakan 3 buah benda uji. Berikut perinciannya :
 - a. 12 buah : untuk pengujian pororsitas dan kuat tekan
 - b. 12 buah : untuk pengujian keausan

Tabel 1.1 Pembagian Benda Uji Dari Masing-Masing komposisi

Persentase Abu Serbuk Kayu Jati (%)	Jumlah Sampel		
	Daya Serap (buah)	Keausan (buah)	Kuat Tekan (buah)
0%	3	3	3
18%	3	3	3
20%	3	3	3
22%	3	3	3

7. Campuran *paving block* yang digunakan dengan perbandingan 1 pc : 4,9 ps
8. Pengujian ini menggunakan *paving block* tipe Holand dengan ukuran 200 x 100 x 60 mm yang kemudian dipotong menjadi bentuk kubus sesuai dengan tebal *paving block* asli sehingga menjadi ukuran 6 x 6 x 6 cm.
9. Pencampuran bahan dilakukan menggunakan mesin molen.
10. Uji *paving block* pada umur 28 hari dilakukan di laboratorium Bahan Bangunan Universitas Gadjah Mada.

11. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam atau membasahi permukaan *paving block*.



BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 PENELITIAN SEBELUMNYA

Sebagai bahan referensi pada penelitian ini, maka pada bab ini akan dipaparkan beberapa penelitian sejenis yang telah dilakukan. Adapun penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

Penelitian dengan judul **Karakteristik *Paving Block* Menggunakan Material Vulkanis Merapi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Pada Gradasi Zona 1 Menurut SNI T-15-1990-03** dilakukan oleh Widyanata (2013) dengan kesimpulan penelitian beliau adalah sebagai berikut : Penambahan variasi abu sekam padi pada gradasi agregat zona 1 dapat meningkatkan karakteristik kuat tekan, kuat lentur, penyerapan air, dan keausan pada *paving block* sampai pada kadar tertentu, setelah itu penggunaan lebih dari kadar tersebut, akan mengakibatkan penurunan kekuatan pada *paving block*. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kadar optimum pada penambahan abu sekam sebesar 5% untuk pengujian kuat tekan, kuat lentur, dan penyerapan air. Besarnya nilai tersebut berturut-turut adalah 17,29 MPa, 3,52 MPa, dan 3,566%. Menurut SNI 03-0691-1996, hasil kuat tekan dan penyerapan air termasuk dalam mutu B yaitu untuk pelataran parkir. Sedangkan pengujian keausan, didapatkan kadar optimum pada penambahan abu sekam 6% dengan nilai sebesar 0,3214 mm/menit. Nilai tersebut tidak memenuhi standar yang ditentukan SNI 03-0691-1996.

Penelitian dengan judul **Kinerja *Paving Block* Menggunakan Agregat Vulkanik Merapi** dilakukan oleh Kurniasari (2012) dengan kesimpulan penelitian beliau sebagai berikut : Berdasarkan pengujian kuat tekan *paving block* dengan pasir vulkanik Merapi memiliki kuat tekan rata-rata 26,60 MPa, *paving block* dengan pasir Lokulo 33,67 MPa, dan *paving block* dari pasaran 12,37 MPa. Berdasarkan pengujian daya serap air *paving block* dengan pasir vulkanik Merapi adalah 11,21%, *paving block* dengan pasir Lakulo adalah 7,87%, *paving block*

dari pasaran adalah 12,00%. Dengan demikian maka *paving block* dengan pasir vulkanik Merapi dan *paving block* dari pasaran tergolong ke dalam *paving block* mutu D yang kegunaannya untuk taman dan penggunaan lain sedangkan pasir Lokulo tergolong ke dalam *paving block* mutu C yang kegunaannya untuk pejalan kaki. Berdasarkan pengujian ketahanan terhadap MgSO, selisih berat *paving block* dengan pasir vulkanik Merapi 5,49%, *paving block* dengan pasir Lakulo 1,54%, dan *paving block* dari pasaran 9,82%. Dengan demikian maka ketiga jenis *paving block* cacat atau tidak baik ketahanannya. Berdasarkan pengujian kuat lentur, *paving block* dengan pasir vulkanik Merapi memiliki kuat lentur rata-rata adalah 44,62 MPa, *paving block* dengan pasir Lakulo adalah 37,87 MPa, dan *paving block* dari pasaran adalah 11,26 MPa. Dengan demikian ketiga jenis *paving block* tidak memenuhi klasifikasi yang digunakan oleh PT Corbloc Internusa Indonesia yaitu 60 MPa.

Penelitian dengan judul ***Paving Block Mutu Tinggi Dengan Bahan Campur Abu Bata*** dilakukan oleh Fitalaka (2015) dengan kesimpulan penelitian beliau sebagai berikut : Pasir hasil dari erupsi merapi serta abu bata dari material gunung merapi dengan komposisi perbandingan 1 : 1,5 : 4,5 dapat memenuhi syarat standar SNI 03-0961-1996. Hal ini terbukti dengan kuat tekan rata-rata tertinggi didapatkan sebesar 36,06 MPa yang tergolong ke dalam *paving block* mutu A dengan standar rata-rata 40,00 MPa dan minimal 35,00 MPa yang kegunaannya untuk jalan dan pada komposisi 1 : 1 : 4,5 kuat tekan rata-rata yang dihasilkan 30,16 MPa yang tergolong ke dalam *paving block* mutu B yang kegunaannya untuk pelataran parkir. Kuat lentur rata-rata tertinggi sebesar 8,2626 MPa. Penyerapan air pada *paving block* sebesar 7,32% yang tergolong mutu C dalam SNI-03-0961-1996 dengan standar penyerapan air rata-rata maksimum 8%. Keausan *paving block* rata-rata sebesar 0,1052 mm/menit termasuk pada kategori mutu B dalam syarat SNI-03-0961-1996. Penambahan abu bata berpengaruh sebagai bahan campur pada karakteristik kuat tekan sebagai filler atau pengisi pori-pori pada karakteristik penyerapan air dan ketahanan aus. Namun abu batu memiliki kelemahan pada penyerapan air yang lebih besar, sehingga semakin banyak campuran abu batu makin tinggi penyerapan airnya.

Penelitian dengan judul **Pengaruh Penambahan Variasi Semen Dan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Terhadap Karakteristik *Paving Blcok* Yang Dibuat Dari Material Vulkanik Gunung Merapi Pada Gradasi Zona II Menurut SNI T-15-1990** dilakukan oleh saenjaya (2013) dengan kesimpulan penelitian beliau sebagai berikut : Penambahan abu sekam padi pada *paving block* yang terbuat dari pasir dan kerikil hasil erupsi gunung Merapi pada gradasi zona 2 dengan komposisi semen berbanding pasir 1 : 6,9 ternyata akan menurunkan kekuatan *paving block*, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan rata-rata paling tinggi adalah pada *paving block* yang ditambahkan kadar abu sekam padi sebanyak 0% atau tanpa abu sekam padi, hal ini terjadi karena abu sekam padi yang ditambahkan pada *paving block* tersebut tidak dapat membantu semen sebagai bahan pengikat untuk mengikat agregat sehingga nilai kekuatannya terus menurun. Penambahan abu sekam padi pada *paving block* yang terbuat dari pasir dan kerikil hasil erupsi gunung Merapi pada gradasi zona 2 dengan komposisi semen berbanding pasir 1 : 4,6 ternyata akan menurunkan kekuatan *paving block*, tetapi terjadi sedikit peningkatan kekuatan pada *paving block* dari kadar abu sekam padi 4% ke 6%, penurunan kekuatan yang terjadi diduga karena pada saat pembuatan *paving block* yang ditambahkan abu sekam padi, digunakan jumlah air yang sama dengan *paving block* yang tidak menggunakan abu sekam padi sehingga air yang dibutuhkan oleh semen untuk bereaksi sebagai bahan pengikat antar agregat diserap oleh abu sekam padi dan mengakibatkan berkurangnya ikatan antar agregat, sedangkan untuk peningkatan kekuatan pada *paving block* dari kadar abu sekam padi 4% ke 6% diduga terjadi karena abu sekam padi tersebut berperan sebagai *filler* sehingga dapat mengisi pori-pori antar agregat pada *paving block*. Pembuatan *paving block* dengan komposisi semen berbanding pasir 1 : 4,6 dengan kadar abu sekam padi 0% dan 4% termasuk dalam persyaratan mutu B menurut SNI 03-0691-1996, sedangkan *paving block* dengan komposisi semen berbanding 1 : 4,6 dengan kadar abu sekam padi 6% dan komposisi semen berbanding pasir 1 : 6,9 dengan kadar abu sekam padi 0%, 4%, dan 6% tidak memenuhi persyaratan mutu *paving block* menurut SNI 03-0691-

1996, hal ini dikarenakan nilai hasil pengujian keausan tidak memenuhi persyaratan tersebut.

Penelitian dengan judul **Pengaruh Penambahan Abu Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada *Paving Block*** dilakukan oleh Widari (2015) dengan kesimpulan dari penelitian beliau sebagai berikut : Pengaruh penambahan abu serbuk kayu dalam campuran *paving block* pada persentase 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% abu serbuk kayu memiliki daya serap air sebesar 1,463%; 4,345%; 3,529%; 2,555% dan 3,063%. Kuat tekan *paving block* rata-rata untuk *paving block* campuran 0% abu serbuk kayu sebesar 17,760 Mpa dimana nilai ini termasuk dalam batasan *paving block* mutu B (17-20 Mpa) yaitu digunakan untuk pelataran parkir. Berdasarkan daya serap air yang naik turun berpengaruh pada kuat tekan *paving block* yaitu pada penambahan 10% abu serbuk kayu dalam campuran *paving block* menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 11,979 Mpa, 15% abu serbuk kayu sebesar 13,281 Mpa, 20% serbuk kayu sebesar 14,792 Mpa dan 25% abu serbuk kayu sebesar 13,594 Mpa. Nilai tersebut masih termasuk dalam kategori *paving block* mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki. Kuat tekan optimum dalam penelitian ini terdapat pada penambahan 20% abu serbuk kayu yaitu 14,792 Mpa dengan daya serap air minimum 2,555%. Pada variasi ini pengikatan yang terjadi antara silika yang dihasilkan dengan kalsium hidroksida sudah mencapai titik optimum.

2.2 PERBEDAAN PENELITIAN

Berdasarkan uraian dari keempat penelitian yang telah dijelaskan di atas, dapat disimpulkan bahwa perbedaan penelitian yang akan diteliti adalah :

- a. Perbedaan dengan penelitian pertama yaitu penelitian yang akan dilakukan menggunakan bahan tambah serbuk kayu Jati dengan subyek penelitian daya serap air dan ketahanan terhadap aus pada *paving block*, sedangkan pada penelitian pertama menggunakan abu sekam padi sebagai bahan tambah dengan subyek penelitian adalah kuat tekan, kuat lentur dan penyerapan air.

- b. Perbedaan dengan penelitian ketiga yaitu penelitian yang akan dilakukan menggunakan bahan tambah serbuk kayu Jati dengan subyek penelitian daya serap air dan ketahanan terhadap aus pada *paving block*, sedangkan pada penelitian ketiga menggunakan abu batu bata dengan subyek penelitian adalah kuat tekan, kuat lentur, dan penyerapan air.
- c. Perbedaan dengan penelitian kelima yaitu penelitian yang akan dilakukan menggunakan bahan tambah serbuk kayu Jati dengan subyek penelitian daya serap air dan ketahanan terhadap aus pada *paving block*, sedangkan pada penelitian kelima menggunakan serbuk kayu Merbau dengan subyek penelitian adalah kuat tekan dan penyerapan air.

2.3 KEASLIAN PENELITIAN

Laporan Tugas Akhir ini adalah asli dan bukan jiplakan (plagiat) dari hasil penelitian sebelumnya. Penelitian sejenis sudah pernah dilakukan, namun pada penelitian ini ada beberapa hal pokok yang membedakan dengan penelitian sebelumnya yaitu terletak pada subjek dan objek penelitian. Subjek pada penelitian ini adalah penambahan abu serbuk kayu Jati, sedangkan objek penelitian ini adalah pengujian daya serap, keausan, dan kuat tekan *paving block*. Adapun referensi dan kutipan hasil pemikiran orang lain yang disalin pada penelitian ini sudah disebutkan sumbernya sesuai aturan yang berlaku dan dicantumkan pada daftar pustaka.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 DEFINISI PAVING BLOCK

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu. (SNI 03-0691-1996). *Paving block* memiliki fungsi sesuai mutu masing-masing. Pembuatan *paving block* lebih mudah dibandingkan pembuatan beton, akan tetapi komposisi dan perawatannya hampir sama dengan beton. Menurut Balai Penelitian Bahan dan Bangunan (1984), pengertian *paving block* adalah batu cetak berbentuk tertentu yang dipakai sebagai bahan penutup halaman tanpa memakai adukan dalam pemasangannya (mortar), pengikatan terjadi karena masing-masing batu cetak saling mengunci satu sama lainnya. Batu cetak halaman dibuat dengan mencetak campuran semen portland dan pasir atau tanpa adiktif. Pendapat serupa dari Dudung Kusmara dalam Jurnal Penelitian Pemukiman (1997), pengertian *paving block* adalah batu cetak berbentuk tertentu yang dipakai sebagai bahan penutup halaman tanpa memakai adukan pasangan (mortar), pengikatan terjadi karena masing-masing batu cetak saling mengunci satu sama lain, sehingga daya serap air dari tanah dibawahnya tetap terjamin dan kemungkinan menggenangnya air di halaman dapat dikurangi. Menurut SK SNI S-04-1989-F jenis-jenis batu beton yaitu :

1. Bata beton berlubang adalah bata yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan pembantu lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih besar dari 25% volume batanya.
2. Bata beton pejal adalah bata beton yang mempunyai luas penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya, dan mempunyai volume pejal lebih dari 75% volume seluruhnya.

3.2 KELEBIHAN DAN KELEMAHAN *PAVING BLOCK*

Berdasarkan SNI 03-06911-1996 *paving block* memiliki beberapa kelemahan dan kelebihan dibandingkan material lain diantaranya :

1. Kelebihan *paving block* :
 - a. *Paving block* mempunyai daya serap air yang baik sehingga dapat mengurangi genangan air dan mencegah bahaya banjir.
 - b. Pemasangan *paving block* sangat mudah, tidak mempergunakan spesi pasangan, pengikat antara masing-masing *paving block* cukup menggunakan pasir sebagai bahan pengisi.
 - c. Apabila terjadi kerusakan (pecah) dapat diganti dengan mudah, cukup dengan mengambil paving yang pecah dan diganti dengan yang baru.
 - d. Tahan terhadap tumpahan bahan pelumas dan pemanasan oleh mesin kendaraan.
 - e. Tahan terhadap beban statis, dinamik dan kejutan
 - f. Dapat diproduksi secara massal
2. Kelemahan *paving block* :
 - a. Pasangan *paving block* mudah bergelombang bila pondasinya tidak dipasang dengan kuat.
 - b. *Paving block* kurang cocok untuk dipasang di lahan yang dilalui kendaraan berkecepatan tinggi. Sehingga *paving block* hanya cocok untuk dipasang di lahan yang dilalui kendaraan berkecepatan rendah saja misalnya lingkungan permukiman dan perkotaan yang padat.

3.3 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

3.4 SYARAT MUTU

Untuk sifat tampak bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Dari sisi ketebalan, *paving block* mempunyai 3 macam ketebalan, yaitu 6 cm, 8 cm, dan 10 cm. Bata beton harus mempunyai ukuran dengan tebal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$. Kuat tekan *paving block* tidak ditentukan dari ketebalannya, melainkan dari komposisi bahan/material penyusunnya. Bata beton harus memiliki ketahanan terhadap natrium sulfat. Hal ini ditunjukkan apabila pada saat pengujian tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%. Bata beton harus memiliki sifat fisika seperti pada Tabel 3.1 berikut ini :

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

Bata beton mutu A di atas disyaratkan kuat tekan minimal 35 Mpa dan rerata 40 Mpa, hal ini setara dengan K430 hingga K490. Bata beton mutu B diatas disyaratkan kuat tekan minimal 17,0 Mpa dan rerata 20 Mpa, hal ini setara dengan K208 hingga K245. Bata beton 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 diatas disyaratkan kuat tekan minimal 8,5 Mpa dan rerata 10 Mpa, hal ini setara dengan K104 hingga K122.

3.5 MATERIAL PENYUSUN

3.5.1 Semen Portland

Semen merupakan bahan pengikat yang mempengaruhi kualitas *paving block*. Semakin tebal pasta semen maka *paving block* semakin kuat. Namun 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 terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum. Tukang batu Joseph Aspdin dari Inggris adalah pembuat semen portland yang pertama pada awal abad ke 19, dengan membakar batu kapur yang dihaluskan dan tanah liat di dalam tungku dapur rumahnya. Dari metode kasar ini berkembanglah industri pembuatan semen yang sedemikian halus sehingga satu kilogram semen mengandung sampai 300 milyar butiran.

Semen dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen non-hidraulis adalah semen (perekat) yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras apabila bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras. Salah satu semen hidraulis yang biasa dipakai dalam konstruksi *paving block* adalah semen portland.

Semen portland yang dijual di pasaran umumnya berkualitas baik dan dapat dipertanggungjawabkan. Namun perlu diketahui bahwa perilaku semen tergantung merek, karena perbedaan baik dalam bahan mentah, yaitu kapur dan tanah liat yang dipakai, maupun proses pembuatannya. Semen portland memiliki 4 kelompok bahan mentah, yaitu :

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

Semen portland memiliki 4 senyawa kimia utama antara lain : *Trikalsium Silikat* (C_3S), *Dikalsium Silikat* (C_2S), *Trikalsium Aluminat* (C_3A), *Tetrakalsium Aluminoferrit* (C_4AF). *Trikalsium Silikat* dan *Dikalsium Silikat* menempati 70-80% penyusun dominan semen sehingga paling dominan dalam memberikan sifat

semen. Apabila terkena air, C_3S segera mulai berhidrasi, dan menghasilkan panas. Selain itu berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. Unsur C_2S ini juga membuat semen tahan terhadap serangan unsur kimia (*chemical attack*) dan juga mengurangi besar susutan pengeringan. Kedua unsur utama ini membutuhkan air berturut-turut sekitar 24 dan 21 persen beratnya untuk terjadinya reaksi kimia, namun C_3S membebaskan kalsium hidroksida saat hidrasi sebanyak hampir 3 kali dari yang dibebaskan oleh C_2S . Maka dari itu, jika C_3S mempunyai persentase yang lebih tinggi akan menghasilkan proses pengerasan yang lebih cepat pada pembentukan kekuatan awalnya disertai suatu panas hidrasi yang tinggi. Sebaliknya, C_2S yang lebih tinggi menghasilkan proses pengerasan yang lambat, panas hidrasi yang sedikit, dan ketahanan terhadap serangan kimia yang lebih baik.

Unsur C_3A berhidrasi secara exothermic, dan bereaksi sangat cepat dan memberikan kekuatan sesudah 24 jam. C_3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40% beratnya, namun karena jumlah unsur ini hanya sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur C_3A ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang panjang. Semen yang mengandung unsur ini lebih dari 10% akan kurang tahan terhadap serangan asam sulfat. Oleh karena itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung unsur C_3A terlalu banyak (maksimum 5%). Semen yang terkena asam sulfat (SO_4) di dalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya C_3A yang bereaksi dengan sulfat, dan mengembang, sehingga terjadi retak-retak pada betonnya. Sedangkan unsur C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton. Semen memiliki beberapa sifat-sifat diantaranya sebagai berikut ini :

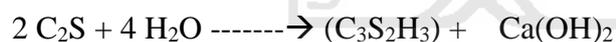
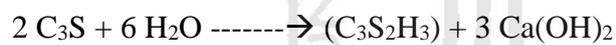
1. Hidrasi Semen

Semen akan mengalami proses hidrasi apabila mulai bersentuhan dengan air yang kemudian hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2-5 jam sebelum mengalami percepatan

setelah kulit permukaan cepat. Pada proses hidrasi selanjutnya, pasta semen terdiri dari gel (suatu butiran sangat halus hasil hidrasi, memiliki luas permukaan yang amat besar), dan sisa-sisa semen yang tidak bereaksi, kalsium hidroksida Ca(OH)_2 , dan air serta beberapa senyawa lain.

Kristal-kristal dari berbagai senyawa yang dihasilkan membentuk suatu rangkaian tiga dimensi yang saling melekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air, kemudian menjadi kaku dan muncullah suatu kekuatan yang selanjutnya mengeras menjadi benda yang padat dan kuat. Dengan demikian pasta semen yang telah mengeras memiliki struktur yang berpori, dengan ukuran pori bervariasi dari yang sangat kecil (4×10^{-7} mm) sampai yang lebih besar. Pori-pori ini disebut pori-pori gel. Pori-pori yang di dalam pasta semen yang sudah keras itu mungkin saling berhubungan, tetapi bisa juga tidak saling berhubungan. Setelah hidrasi berlangsung, endapan hasil hidrasi pada permukaan butiran semen membuat difusi air ke bagian dalam yang belum berhidrasi semakin sulit, sehingga laju hidrasi semakin lambat.

Proses hidrasi pada semen portland sangat kompleks, tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci. Rumus proses kimia untuk reaksi hidrasi dari unsur C_2S dan C_3S dapat ditulis sebagai berikut :



Hasil utama dari proses di atas adalah $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ yang biasa disebut tobermorite yang berbentuk gel. Panas hidrasi juga keluar selama proses hidrasi berlangsung. Beberapa butir-butir yang bersifat seperti kristal tampak di dalam tobermorite. Proses hidrasi butir-butir semen berlangsung sangat lambat. Bila dimungkinkan penambahan air masih diperlukan oleh bagian dalam dari butir-butir semen (terutama yang berbutir besar), untuk menyempurnakan proses hidrasi.

Presentase kimia semen portland menurut Paul Nugroho & Andi (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Komposisi Umum Oksida-oksida Semen Portland Jenis I

Oksida	Notasi Pendek	Nama Umum	% Berat
CaO	C	Kapur	63

Lanjutan Tabel 3.2 Komposisi Umum Oksida-oksida Semen Portland Jenis I

Oksida	Notasi Pendek	Nama Umum	% Berat
SiO ₂	S	Silika	22
Al ₂ O	A	Alumina	6
Fe ₂ O ₃	F	Ferrit Oksida	2,5
MgO	M	Magnesia	2,6
K ₂ O	K	Alkalis	0,6
Na ₂ O	N	Disodium Oksida	0,3
SO ₂	S	Sulfur Dioksida	2,0
CO ₂	C	Karbon Dioksida	-
H ₂ O	H	Air	-

Sumber : Nugroho dan Antoni (2007)

Untuk membuat 1 ton semen portland diperlukan bahan dasar kurang lebih :

- 1,3 ton batu kapur (*limestone*)/ kapur (*chalk*) : CaCO₃
- 0,3 ton pasir silika / tanah liat : SiO₂ & Al₂O₃
- 0,03 ton pasir / kerak besi : Fe₂O₃
- 0,04 ton gypsum : CaSO₄.H₂O

ASTM (*American Standard for Testing Material*) menentukan komposisi semen berbagai tipe sebagaimana tampak pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Jenis-jenis semen portland dengan sifat-sifatnya

Tipe Semen	Sifat Pemakaian	Kadar senyawa (%)				Kehalusan blaine (m ² /kg)	Kuat 1 hari (kg/cm ²)	Panas Hidrasi (J/g)
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF			
I	Umum	50	24	11	8	350	1000	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	350	900	250
III	Kekuatan Awal tinggi	60	13	9	8	450	2000	500
IV	Panas Hidrasi rendah	25	50	5	12	300	450	210
V	Tahan sulfat	40	40	9	9	350	900	250

Sumber : Nugroho dan Antoni (2007)

- a. Tipe I adalah semen portland untuk tujuan umum. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi,
- b. Tipe II adalah semen portland modifikasi, adalah tipe yang sifatnya setengah tipe IV dan setengah tipe V (moderat). Belakangan lebih banyak diproduksi sebagai pengganti tipe IV.
- c. Tipe III adalah semen portland dengan kekakuan awal tinggi. Kekakuan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai.
- d. Tipe IV adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah, yang dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan gravitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada semen tipe I.
- e. Tipe V adalah semen portland tahan sulfat, yang dipakai untuk menghadapi aksi sulfat yang ganas. Umumnya dipakai di daerah di mana tanah atau airnya memiliki kandungan sulfat yang tinggi.

2. Sifat Fisik Semen

Semen portland yang digunakan untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan berkala perlu dilakukan, baik yang masih berbentuk bubuk kering maupun dalam bentuk pasta semen keras. Sifat-sifat fisik semen yang penting yaitu :

- a. Kehalusan butir reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga makin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen sama) makin cepat proses hidrasinya. Hal ini berarti 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. Secara umum semen berbutir halus meningkatkan kohesi pada beton segar (*fresh concrete*) dan dapat pula mengurangi *bleeding*, akan tetapi menambah kecenderungan 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). Namun perlu dicatat, bahwa jika butir-butir semen terlalu halus,

sifat semen akan menjadi kebalikannya, karena terjadi hidrasi awal oleh kelembaban udara.

- b. Waktu ikatan. Semen dicampur dengan air membentuk bubur yang secara bertahap menjadi kurang plastis, dan akhirnya menjadi keras. Pada proses ini, tahap pertama dicapai ketika pasta semen cukup kaku untuk menahan suatu tekanan. Waktu untuk mencapai tahap ini disebut sebagai waktu ikatan. Waktu tersebut dihitung sejak air dicampur dengan semen. Waktu ikatan dibagi menjadi dua yaitu waktu 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. Waktu ikatan awal cukup lama diperlukan untuk pekerjaan beton, yaitu untuk transportasi, penuangan, pemadatan, dan perataan permukaan.
- c. Panas hidrasi. Silikat dan aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut hidrasi. Hidrasi semen bersifat eksotermis dengan panas yang dikeluarkan kira-kira 120 kalori/gram. Pada bagian dalam pada beton massa yang besar, proses hidrasi ini dapat mengakibatkan kenaikan temperatur yang besar. Pada saat yang sama, bagian luar beton massa kehilangan panas, sehingga terjadi perbedaan temperatur yang tajam. Pada tahap berikutnya, yaitu tahap pendinginan bagian dalam beton massa dapat terjadi retakan yang besar. Di daerah dingin panas hidrasi dapat menguntungkan karena dipakai untuk mencegah pembekuan air dalam beton. Panas hidrasi didefinisikan sebagai kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Waktu berlangsung secara sempurna pada temperatur tertentu. Panas hidrasi untuk semen dengan panas hidrasi rendah harus tidak lebih dari 66 kalori/gram sampai pada tujuh hari pertama, dan 75 kalori/gram sampai pada 28 hari.

- d. Berat jenis. Berat jenis semen berkisar pada 3,15. Berat jenis bukan merupakan petunjuk kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran saja.

3.5.2 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 pematangan kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran. Menurut PUBI syarat air yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi adalah sebagai berikut :

1. Air 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 dsb) 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 SO_3 .
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.

3.5.3 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).

3.5.4 Agregat

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 “ sebagai berikut ini :

$$P_t = \left(\frac{d}{D}\right)^{1/2} \quad (3.1)$$

Dimana : P_t = rasio total butir yang lebih halus dari diameter d

D = diameter terbesar

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. Kekekalan terhadap larutan $MgSO_4$ harus tidak lebih dari 10% berat.
5. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton, untuk itu bila direndam dengan larutan NaOH 3% cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding. Menurut peraturan di Inggris (British Standard) yang juga dipakai di Indonesia saat ini, kekasaran pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar, sebagaimana tampak pada Tabel 3.4 sebagai berikut :

Tabel 3.4 Gradasi Pasir Menurut British Standard

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 : British Standard

3.5.4 Abu Serbuk Kayu

Limbah kayu yang berupa serbuk gergaji dimanfaatkan menjadi bentuk briket arang 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 pada Tabel 3.5 sebagai berikut :

Tabel 3.5 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 : Fengel and Wegener (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 *Aluminium* (Al). Radikal asam yang umum terdapat dalam abu adalah karbohidrat, fosfor, silikat, sulfat, dan klorida (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*). Kuat tarik selulosa (*cellulose*) setelah diteliti sebesar 2000 MPa, sedangkan unsur lignin dalam kayu dapat menurunkan kuat tarik sebesar 500 MPa.

Menurut Felix Yap (1964) pada pembebanan tekan biasanya kayu bersifat elastis sampai batas proporsional. Terhadap tarikan, sifat-sifat elastisitas untuk kayu tergantung dari keadaan lengas. Kayu yang berkadar lengas rendah memperlihatkan batas elastisitas yang agak rendah, sedangkan kayu yang berkadar lengas tinggi terdapat perubahan bentuk yang permanen pada pembebanan. Berikut ini terdapat kadar lengas kayu yaitu :

1. Kadar lengas kayu berat : 40%
2. Kadar lengas kayu ringan : 200%
3. Fiber Saturation Point (FSP) : 24%-30%

Sesudah FSP, pada pengeringan selanjutnya akan memperlihatkan kebaikan sifat-sifat mekanisnya disertai arah tangensial $\pm 7\%$ arah radial 5% dan arah aksial kecil sekali.

4. Kadar lengas kayu kering udara : 12%-18% rata-rata 15%.
5. Kadar lengas kering mutlak (kering dalam oven) adalah 0%.

3.6 PENGUJIAN *PAVING BLOCK*

3.6.1 Kuat Tekan

Kuat tekan *paving block* adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (Deskimpraswil, 2002). Berdasarkan SNI 03-0691-1996 kuat tekan *paving block* dapat dirumuskan seperti pada persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L} \quad (3.2)$$

Keterangan :

P = Beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm^2)

3.6.2 Daya Serap Air

Daya serap air adalah persentase berat air yang mampu diserap melalui pori-pori oleh *paving block*. Hal ini dapat diperoleh dengan perbandingan antara berat kering *paving block* dengan berat basah. Berat kering diperoleh dari pengovenan *paving block* pada suhu kurang lebih 105° selama 24 jam. Sedangkan berat basah *paving block* diperoleh dari perendaman *paving block* selama 24 jam di dalam air. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 daya serap air pada *paving block* dapat diperoleh seperti pada persamaan 3.2 berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan :

A = Berat *paving block* basah

B = Berat *paving block* kering

Mutu daya serap air *paving block* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

3.5.2 Keausan *Paving Block*

Pengujian keausan pada *paving block* menurut ASTM setelah umur benda uji mencapai 28 hari. Keausan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$D = 1,26 G + 0,0246 \quad (3.4)$$

Keterangan :

D = Keausan (mm/menit)

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

Sumber : Laboratorium Bahan Bangunan, Universitas Gadjah Mada

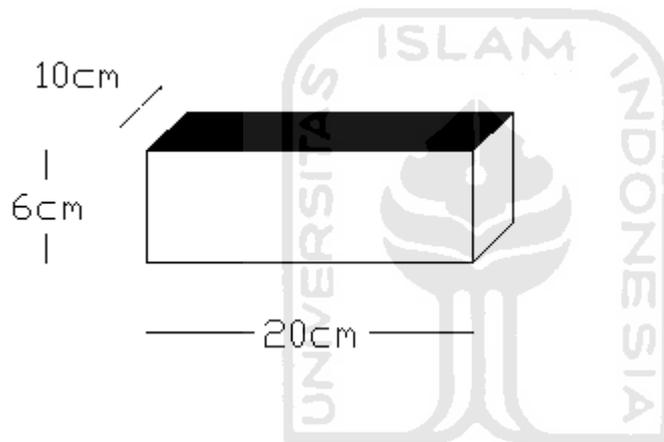


BAB IV

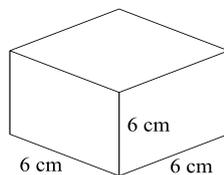
METODE PENELITIAN

4.1 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 sebagai berikut :



Gambar 4.1 Dimensi *Paving Block* Asli



Gambar 4.2 Dimensi *Paving Block* Kubus Sesuai SNI

Jumlah total benda uji sebanyak 24 buah dengan setiap variasi penambahan abu serbuk kayu jati berjumlah tiga buah. Dengan menggunakan variasi

penambahan sebesar 0%, 18%, 20%, 22% dari berat semen. Pembagian benda uji dari masing-masing komposisi perlakuan penambahan abu serbuk kayu dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

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 : 4,9.

4.2 LOKASI PENELITIAN

Benda uji dibuat di UD. Putra Harapan Jaya. Lokasi pengujian dilaksanakan di laboratorium Bahan Bangunan Universitas Gadjah Mada.

4.3 WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini di jadwalkan mulai pada akhir bulan Mei dan diperkirakan selesai pada bulan Juni 2016.

4.4 PERALATAN

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

1. Cetakan *paving block*

Cetakan *paving block* jenis Holand dengan ukuran 20 x 10 x 6 cm³ terbuat dari besi dengan ukuran sekitar 70 cm x 90 cm. Cetakan harus presisi agar dapat menghasilkan *paving block* yang sesuai dengan yang diinginkan dan meminimalkan kerusakan pada *paving block*.

2. Mesin press *paving block*

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

3. Alat pemotong paving block

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

4. Saringan

Saringan untuk agregat halus 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.

5. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan ketelitian 0,1 gram

6. Gelas ukur

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

7. Mixer

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

8. Pikometer

Pikometer digunakan untuk mencari berat jenis pasir dan abu serbuk kayu jati.

9. Jangka sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur dengan ketelitian 0,005 mm yang berfungsi untuk mengukur benda uji secara akurat.

10. Oven

Oven yang digunakan bermerek Emmert buatan Jerman. Oven ini digunakan untuk memperoleh keadaan kering pada pasir, dan serbuk kayu jati.

11. Cetok dan Sekop

Cetok digunakan untuk mengambil semen dari kantung semen saat akan dilakukan pencampuran material, serta mengaduk dan memindahkan adukan kedalam cetakan *paving block*.

12. Alat uji keausan *paving block*

13. Alat pengujian kuat tekan paving block

Alat uji kuat tekan menggunakan alat kuat tekan digital dengan merk ADR3000 dengan kapasitas tekan 2000 KN.

4.5 PELAKSANAAN PENELITIAN

Proses penelitian ini diawali dengan tahap persiapan, pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan diakhiri dengan pengujian benda uji.

4.5.1 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. Pasir

a. 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 :

- 1) Keringkan pasir dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap.
- 2) Keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram.
- 3) 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.
- 4) Keluarkan benda uji pada masing-masing saringan dan masukkan dalam masing-masing talem, 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.

- 5) Gradasi pasir yang diperoleh dengan menghitung 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.

b. Pengujian Berat Jenis Pasir

Menurut Tjokrodinuljo (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 :

- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $\pm 115^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap. Kemudian rendam dalam air selama 24 jam ± 4 jam.
- 2) Buang air rendaman dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ada yang terbang. Keringkan benda uji di udara panas dengan cara membolak-balikan benda uji sampai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
- 3) Apabila telah mencapai keadaan permukaan jenuh, segera masukkan benda uji sebanyak 500 gram kedalam piknometer. Lalu masukkan air sampai 90% isi piknometer, putar piknometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelombang udara didalamnya.
- 4) Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan dengan suhu standar 25°C .
- 5) Tambahkan air kedalam piknometer hingga tanda batas.
- 6) Timbang piknometer yang berisi benda uji dan air (W1).
- 7) Keluarkan benda uji dari piknometer, kemudiankeringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dengan suhu ruangan.
- 8) Timbang benda uji (W2).

- 9) Bersihkan piknometer, kemudian isi piknometer dengan air hingga tanda batas, lalu timbang piknometer berisi air (W3).
- 10) 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.

c. 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.

d. Abu Serbuk Kayu Jati

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

- 1) Jemur serbuk kayu jati dan bersihkan dari tanah atau kotoran lain yang menempel.
- 2) Masukkan serbuk kayu ke dalam cawan kemudian oven dengan suhu 200°C selama 24 jam sehingga kadar air yang terkandung dalam serbuk kayu hilang.
- 3) Setelah serbuk kayu berwarna hitam, haluskan serbuk kayu dengan menggunakan mesin penghalus.
- 4) Masukkan serbuk kayu yang sudah halus ke dalam wadah yang terbuat dari keramik untuk dibakar ke dalam furnace dengan suhu 800°C selama ± 2 jam.
- 5) Dinginkan abu serbuk kayu yang sudah dibakar lalu di ayak menggunakan saringan no 200.

4.5.2 Proses Pencampuran

Pencampuran bahan menggunakan perbandingan semen : pasir sebesar 1 : 4,9 dengan nilai fas sebesar 0,35 dari berat semen dengan variasi penambahan

limbah abu serbuk kayu jati sebesar 0%, 18%, 20%, 22% dari berat semen.

Langkah-langkah dalam proses pencampuran bahan meliputi :

1. Menyiapkan bahan penyusun *paving block* diantaranya semen, pasir, dan abu serbuk kayu jati 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.

4.5.3 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 jati sebesar 0%, 18%, 20%, dan 22 % 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 24 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.
4. Nyalakan sistem getar pada mesin sekitar 5 detik.
5. Penuhi kembali isi cetakan yang turun akibat penggetaran dengan campuran kepala.
6. Tekan tuas pengepresan atau pemadatan sehingga bagian stempel turun dan lakukan proses pemadatan sambil sistem getar dijalankan.
7. Tekan tuas untuk mengangkat kedua bagian cetakan.

4.5.4 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.

4.5.5 Pemotongan Benda Uji

Benda uji dari ukuran cetakan asli 20 x 10 x 6 cm dipotong menjadi bentuk kubus sesuai tebal benda uji asli sehingga menjadi bentuk kubus dengan ukuran 6 x 6 x 6 cm. Pemotongan dilakukan di tempat pemotongan batu di daerah Jalan Magelang yang merupakan rekomendasi dari laboran laboratorium Bahan Bangunan UGM.

4.5.5 Pengujian Benda Uji

Pengujian *paving block* dilakukan setelah berumur 28 hari yang meliputi :

1. Pengujian Kuat Tekan

Setelah benda uji berumur 28 hari, pengujian kuat tekan dapat dilakukan untuk mengetahui maksimum kuat tekan paving block. Langkah-langkah pengujian ini berdasarkan SNI 03-0691-1996 sebagai berikut :

- a. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
- b. Timbang benda uji menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,5 gram.
- c. Ukur dimensi benda uji dengan menggunakan kapiler atau jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm.
- d. Benda uji diletakkan ditempat benda uji tepat di tengah alat uji.
- e. Mesin dinyalakan dengan pemberian beban yang terus meningkat.
- f. Pembebanan dilakukan sampai beban turun dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

2. 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.

3. Pengujian Keausan

Pengujian keausan pada *paving block* menurut ASTM setelah umur benda uji mencapai 28 hari. Langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut :

- a. Timbang benda uji dan catat hasilnya.
- b. Keringkan benda uji hingga dalam kondisi kering tungku.
- c. Letakkan benda uji pada alat *Dressing Wheel tipe CT 420-5*. Benda uji harus dipasang dengan kencang sehingga tidak bergeser pada saat pengujian. Benda uji dipasang pada posisi permukaan yang rata dan lurus terhadap porosnya.
- d. Nyalakan motor alat abrasi selama 5 menit.
- e. Keluarkan benda uji dari alat abrasi.
- f. Bersihkan benda uji dengan menggunakan sikat.
- g. Timbang dan catat hasilnya.

Keausan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$D = 1,26 G + 0,0246 \quad (4.1)$$

Keterangan :

D = Keausan (mm/menit)

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

Sumber : Laboratorium Bahan Bangunan, Universitas Gadjah Mada

4.6 TAHAP PEMBAHASAN

Tahap pembahasan dilakukan setelah proses pengujian selesai dan telah memperoleh hasil pengujian. Kemudian dari hasil pengujian diambil kesimpulan berdasarkan teori yang dipakai. Berikut ini merupakan bagan alir atau *flowchart* prosedur penelitian seperti pada Gambar 4.3 sebagai berikut :



BAB V

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 PENGUJIAN BAHAN

5.1.1 Semen

Semen yang digunakan dalam pembuatan paving block yaitu PCC Merk Holcim kemasan 50 kg. Dari hasil pengamatan fisik secara visual menunjukkan bahwa semen masih dalam kondisi baik, kemasan masih dalam keadaan tertutup rapat, butiran-butiran semen tidak menggumpal, dan tidak lembab. Berat jenis semen adalah 3,15.

5.1.2 Air

Air yang digunakan merupakan air bersih yang berasal dari tempat pembuatan *paving block* itu sendiri yaitu di UD. Putra Harapan Jaya. Dari hasil pengamatan fisik secara visual menunjukkan bahwa air yang digunakan berasal dari sumur, bersih, tidak berwarna, tidak tercampur kotoran seperti dedaunan dan plastik.

5.1.3 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus/pasir yang digunakan merupakan pasir yang berasal dari gunung Merapi dengan nilai berat jenis pasir sebesar 2,55, dan MHB sebesar 3,349 (Daerah II Agak Kasar). Hasil ini dapat dilihat pada Lampiran Gambar Analisa Saringan Agregat Halus dan Lampiran Tabel Modulus Halus Butir.

5.2 PERHITUNGAN KEBUTUHAN CAMPURAN

Benda uji yang telah dibuat menggunakan proporsi material dengan perbandingan berat 1 semen : 4,9 pasir dengan faktor air semen 0,35, sedangkan kebutuhan abu serbuk kayu Jati diperoleh dari persentase abu serbuk kayu Jati terhadap berat semen.

Limbah abu serbuk kayu Jati hanya digunakan sebagai bahan tambah sehingga tidak mempengaruhi jumlah berat pasir dan semen. Perbandingan campuran pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Komposisi Campuran Benda Uji

Variasi	Pc (kg)	Ps (kg)	Abu Serbuk kayu jati (kg)	Jumlah Benda uji
0%	1,704	8,296	0	6
18%	1,704	8,296	0,307	6
20%	1,704	8,296	0,341	6
22%	1,704	8,296	0,375	6

Keterangan : Pc = semen

Ps = pasir

5.3 PENGUJIAN DAYA SERAP *PAVING BLOCK*

Hasil pemeriksaan daya serap dari 12 sampel *paving block* dari 4 variasi yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan UGM dapat dilihat pada Tabel 5.2, Tabel 5.3, Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 sebagai berikut :

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Daya Serap *Paving Block* dengan Kadar Abu Serbuk Kayu 0%

Kode Sampel	B.j SSD (grm/dm ³)	B.j K.Oven (grm/dm ³)	Serapan Air (%)
Kode I A	2182	2040	6,97
Kode I B	2227	2092	6,47
Kode I C	2692	2501	7,62
Rata-rata	2367	2211	7,02

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Daya Serap *Paving Block* dengan Kadar Abu Serbuk Kayu 18 %

Kode Sampel	B.j SSD (gram/dm ³)	B.j K.Oven (gram/dm ³)	Serapan Air (%)
Kode II A	2430	2289	6,13
Kode II B	2200	2052	7,22
Kode II C	2204	2064	6,80
Rata-rata	2278	2135	6,72

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Daya Serap *Paving Block* dengan Kadar Abu Serbuk Kayu 20 %

Kode Sampel	B.j SSD (gram/dm ³)	B.j K.Oven (gram/dm ³)	Serapan Air (%)
Kode III A	2206	2062	6,98
Kode III B	2275	2126	6,98
Kode III C	2215	2069	7,09
Rata-rata	2232	2086	7,02

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Daya Serap *Paving Block* dengan Kadar Abu Serbuk Kayu 22 %

Kode Sampel	B.j SSD (gram/dm ³)	B.j K.Oven (gram/dm ³)	Serapan Air (%)
Kode IV A	2213	2070	6,94
Kode IV B	2239	2110	6,12
Kode IV C	2343	2211	5,96
Rata-rata	2265	2130	6,34

Perhitungan :

Contoh perhitungan diambil pada *Paving Block* Kode I

1. Perhitungan Kode I A

$$\text{B.J. SSD (A)} = 2182 \text{ gram/dm}^3$$

$$\text{B.J kering oven (B)} = 2040 \text{ gram/dm}^3$$

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

$$= \frac{(2182-2040)}{2040} \times 100\% = 6,97 \%$$

2. Perhitungan Kode I B

$$\text{B.J. SSD (A)} = 2227 \text{ gram/dm}^3$$

$$\text{B.J kering oven (B)} = 2092 \text{ gram/dm}^3$$

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

$$= \frac{(2227-2092)}{2092} \times 100\% = 6,47 \%$$

3. Perhitungan Kode I C

$$\text{B.J. SSD (A)} = 2692 \text{ gram/dm}^3$$

$$\text{B.J kering oven (B)} = 2501 \text{ gram/dm}^3$$

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

$$= \frac{(2692-2501)}{2501} \times 100\%$$

$$= 7,62 \%$$

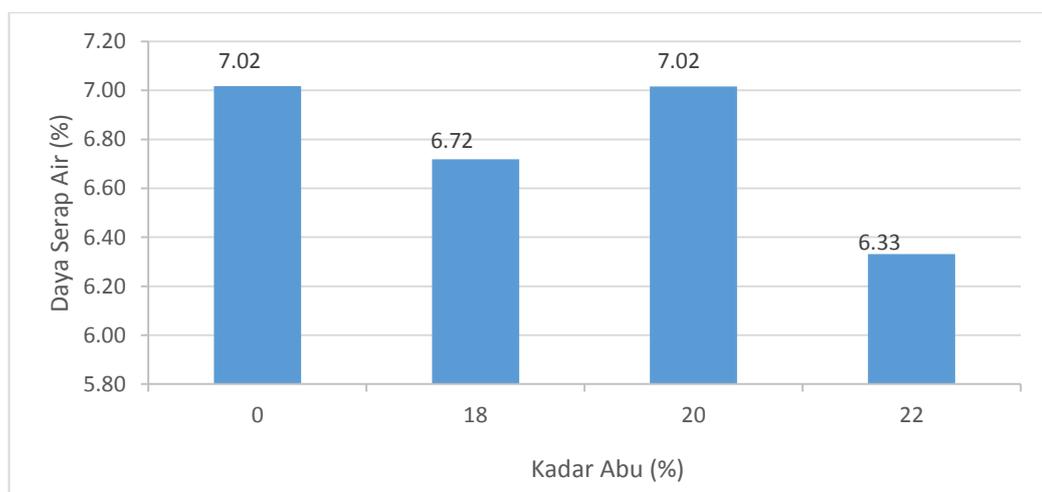
Penyerapan air rata-rata

$$= \frac{\Sigma \% \text{ Daya serap air Kode I}}{N}$$

$$= \frac{6,97+6,47+7,62}{3}$$

$$= 7,02 \%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai rata-rata daya serap paving block tiap variasi. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut :



Gambar 5.1 Hubungan Antara Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu Jati Terhadap Daya Serap Paving Block

Dari hasil pengujian daya serap air pada *paving block* diperoleh penyerapan air rata-rata untuk *paving block* campuran 0% abu serbuk kayu sebesar 7,02%. Tanpa penambahan abu serbuk kayu, pada *paving block* terdapat ruang kosong. Gaya ikat yang terjadi hanya antara semen dan pasir. Sehingga tanpa adanya penambahan abu serbuk kayu ruang kosong tersebut tidak ada yang mengisi rongga-rongga. Akhirnya *paving block* menjadi berdaya serap tinggi. Pada *paving block* campuran 18% abu serbuk kayu mengalami penurunan menjadi 6,718%. Hal ini terjadi dikarenakan pada serbuk kayu terdapat kadar selulosa dan hemiselulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen dan pasir pembentuk *paving block*, Senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat difusi air dalam mineral akibat sifat hidrofobnya. Dengan demikian dihasilkan *paving block* dengan daya serap relatif kecil (Gargulak, 2001). Pada proses hidrasi air dengan semen akan menghasilkan Ca(OH)_2 yang merupakan bahan yang mudah larut dalam air dan bersifat basa, akan bereaksi dengan SiO_2 akan membentuk Kalsium Silikat Hidrat yang bersifat sebagai perekat sehingga dapat meningkatkan kekuatan serta kekedapan beton (Subakti, 1994). Pada *paving block* dengan campuran 20% abu serbuk kayu mengalami kenaikan menjadi 7,016%, hal ini terjadi karena pada abu serbuk kayu terdapat kandungan silika (SiO_2) yang berlebihan yang akan membawa dampak negatif yaitu timbulnya reaksi alkali silika. Reaksi alkali silika merupakan reaksi antara kandungan silika aktif dalam abu serbuk kayu dan alkali silika dalam semen. Reaksi ini membentuk suatu gel alkali-alkali yang menyelimuti butiran-butiran agregat. Gel tersebut dikelilingi oleh pasta semen dan akibatnya terjadi pemuaihan yang dapat mengakibatkan terjadinya banyak rongga-rongga sehingga *paving block* menjadi rapuh dan porous (Herlina, 2005).

Menurut Suroso (2001), bahwa pengeringan beton dengan cara dipanaskan mengakibatkan kandungan air bebas dalam beton dan sekaligus air dalam bentuk koloid (berukuran 0,000001-0,002 mm) yang lebih kenyal yang terikat dalam pasta akan menguap. Kondisi penguapan kandungan air dalam beton tersebut selanjutnya menimbulkan kerusakan pada pasta. Dengan semakin banyak jumlah pasta, maka

kerusakan yang terjadi akibat pemanasan semakin besar sehingga beton menjadi lebih porous dan serapan air semakin besar. Kondisi porous ini semakin ditambah dengan bertambahnya pori dalam pasta campuran yang tentunya mengakibatkan nilai serapan air bertambah besar.

Sedangkan pada *paving block* dengan campuran 22% abu serbuk kayu mengalami penurunan menjadi 6,34%. Hal ini terjadi seperti pada saat penambahan kadar abu 18% yaitu karena semakin besar kadar abu kayu maka senyawa selulosa dan hemiselulosa semakin banyak sehingga senyawa yang terserap dipermukaan semakin besar dan membentuk ikatan yang semakin banyak sehingga memperkecil terbentuknya rongga-rongga. Proses hidrasi antara air dan semen sudah berlangsung sempurna dan menghasilkan Ca(OH)_2 kemudian bereaksi dengan SiO_2 membentuk Kalsium Silikat Hidrat yang berfungsi sebagai perekat sehingga *paving block* lebih kedap.

5.4 PENGUJIAN KEAUSAN PAVING BLOCK

Pengujian keausan *paving block* dengan jumlah benda uji sebanyak 12 buah untuk 4 variasi dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan UGM. Data hasil pengujian keausan *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.6, Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* Dengan Kadar Abu Serbuk Kayu 0%

Kode	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)	Katahanan Aus (mm/menit)
Kode I A	465,0	464,2	10	0,1254
Kode I B	473,3	472,7	10	0,1002
Kode I C	471,3	470,4	10	0,1380
Rata-rata				0,1212

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* Dengan Kadar Abu Serbuk Kayu 18%

Kode	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)	Katahanan Aus (mm/menit)
Kode II A	425,5	424,5	10	0,1506
Kode II B	418,1	416,9	10	0,1758
Kode II C	428,2	424,4	10	0,5034
Rata-rata				0,2766

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* Dengan Kadar Abu Serbuk Kayu 20%

Kode	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)	Katahanan Aus (mm/menit)
Kode III A	437,2	435,1	10	0,2892
Kode III B	455,4	452,7	10	0,3648
Kode III C	446,8	443,9	10	0,3900
Rata-rata				0,3480

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* Dengan Kadar Abu Serbuk Kayu 22%

Kode	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)	Katahanan Aus (mm/menit)
Kode IV A	442,5	439,2	10	0,4404
Kode IV B	493,5	492,8	5	0,2010
Kode IV C	491,9	490,2	5	0,4530
Rata-rata				0,3648

Perhitungan :

Contoh perhitungan diambil pada *Paving Block* Kode I

1. Kode I A

Berat benda uji sebelum di uji = 465,0 gr

Berat benda uji setelah diuji = 464,2 gr

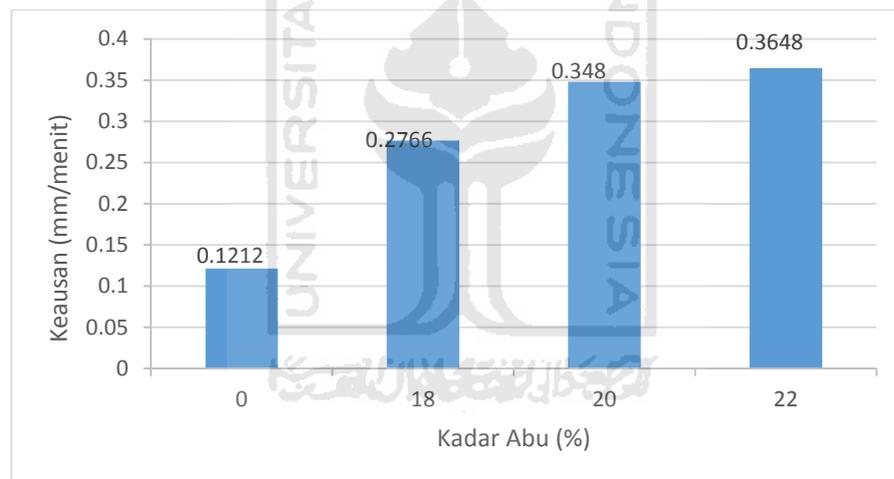
Lama pengujian = 10 menit

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan berat (G)} &= \frac{\text{Berat sebelum}-\text{berat sesudah}}{\text{Lama pengujian}} \\ &= \frac{465,0-464,2}{10} \\ &= 0,08 \text{ gr/menit} \end{aligned}$$

Keausan rata-rata (D) = 1,26 x G + 0,0246

$$= 1,26 \times 0,08 + 0,0246 = 0,1254 \text{ mm/menit}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai keausan *paving block* untuk tiap-tiap variasi. Hasil tersebut juga dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut :



Gambar 5.2 Hubungan Antara Penambahan Abu Serbuk Kayu Jati Terhadap Keausan *Paving Block*

Dari hasil pengujian keausan tersebut diketahui bahwa dengan adanya penambahan abu serbuk kayu jati menyebabkan keausan semakin tinggi. Pada kondisi normal nilai keausan *paving block* sebesar 0,1212 mm/menit. Setelah ditambah abu serbuk kayu sebesar 18% nilai keausan *paving block* menjadi 0.2766 mm/menit. Penambahan kadar abu serbuk kayu sebesar 20% menghasilkan nilai keausan sebesar 0,348 mm/menit. Dan penambahan abu serbuk kayu pada kadar 22% menghasilkan nilai keausan *paving block* sebesar 0,3648 mm/menit. Hal ini

terjadi karena salah satu faktor penyebab keausan yaitu agregat yang terlalu halus. Abu serbuk kayu merupakan partikel-partikel halus. Oleh karena itu semakin banyak penambahan abu serbuk kayu pada campuran pembuatan paving, maka akan semakin tinggi nilai keausannya. Kenaikan nilai keausan seiring penambahan abu serbuk kayu juga dikarenakan meningkatnya jumlah abu yang akan menyebabkan disintegrasi (perpecahan) dalam semen setelah pengikatan. Kerusakan semen mengakibatkan menurunnya daya ikat antar butiran agregat. Menurunnya daya ikat antar agregat akan menyebabkan nilai keausan dipermukaan *paving block* semakin tinggi. Keausan yang tinggi juga disebabkan karena gradasi pasir yang digunakan pada *paving block* didominasi oleh butiran halus. Semakin kasar agregat pasir semakin tinggi ketahanan ausnya. Sebaliknya, terlalu banyak butiran halus mengakibatkan ketahanan aus berkurang. Menurut Rompas G.P, dkk (2013) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pada saat awal pencampuran maka semen yang bercampur dengan air akan mengalami reaksi hidrasi awal dimana senyawa C_2S yang bereaksi dengan H_2O akan menghasilkan gel perekat yaitu $C_2S_2H_2$ yang merupakan senyawa yang mempengaruhi kekuatan terbesar *paving block* dan juga akan melepas kapur $Ca(OH)_2$ yang tidak dikehendaki *paving block* yang telah mengeras karena tidak menambah kekuatan *paving block* dan akan menimbulkan bintik-bintik putih pada permukaan *paving block*. Dengan adanya abu serbuk kayu yang mengandung SiO_2 yang digunakan pada campuran *paving block* kemudian akan bereaksi dengan $Ca(OH)_2$ yang dibebaskan dari reaksi hidrasi antara semen dengan air sehingga menghasilkan senyawa $C_2S_2H_2$ yang berfungsi sama seperti semen sebagai perekat.

Nilai keausan akan semakin tinggi seiring bertambahnya abu serbuk kayu sebagai *filler*. Abu serbuk kayu pada saat proses pencampuran mengalami penggumpalan-penggumpalan dan menyerap banyak air sehingga campuran tidak homogen dan tidak plastis. Hal tersebut terjadi karena bereaksi secara maksimal dengan keberadaan air semakin berkurang. Dan kapur yang dibebaskan dari hasil proses hidrasi antara semen dengan air juga semakin berkurang. Dengan demikian kapur yang dibebaskan tidak mampu bereaksi maksimal terhadap silika pada abu serbuk kayu yang semakin banyak, sehingga fungsi semen dan abu serbuk kayu

sebagai bahan perekat akan semakin menurun. Dari hal tersebut maka *paving block* menjadi lebih rapuh dan bahkan ujung ujung *paving block* bisa diserpihkan dengan tangan kosong. Sehingga nilai keausannya juga semakin besar sebanding dengan persentase penambahan abu serbuk kayu sebagai bahan filler.

5.5 PENGUJIAN KUAT TEKAN *PAVING BLOCK*

Pengujian Kuat tekan *paving block* dengan jumlah benda uji sebanyak 12 buah untuk 4 variasi dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan UGM. Data hasil pengujian keausan *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13 sebagai berikut :

Tabel 5.10 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Kadar Abu 0%

Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimal (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)
Kode IA	59,59	59,40	64,50	83,5	23,626
Kode IB	59,20	58,70	65,10	86,5	24,892
Kode IC	59,10	48,90	65,20	65,0	22,491
Rata-rata					23,670

Tabel 5.11 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Kadar Abu 18%

Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (Mpa)
Kode IIA	59,60	59,40	52,50	100	28,247
Kode IIB	60,10	59,10	57,40	144	40,542
Kode IIC	59,80	49,40	58,40	113,5	31,953
Rata-rata					33,580

Tabel 5.12 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Kadar Abu 20%

Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimal (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)
Kode IIIA	60,00	59,70	59,20	85,5	23,869
Kode IIIB	59,70	59,20	60,60	132	37,349
Kode IIIC	60,20	60,40	59,40	81	22,277
Rata-rata					27,832

Tabel 5.13 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Kadar Abu 22%

Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimal (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)
Kode IVA	60,60	59,40	59,40	99,0	27,503
Kode IVB	60,60	59,20	65,20	124,0	34,564
Kode IVC	58,80	58,70	64,20	104,5	30,276
Rata-rata					30,781

Perhitungan :

Contoh perhitungan diambil pada *Paving Block* Kode I

Kode I A

Panjang = 59,50 mm

Lebar = 59,40 mm

Tebal = 64,50 mm

Luas = p x l
 = 59,50 x 59,40
 = 3534,4 mm²
 = 35,344 cm²

Beban Maks (P) = 83,5 kN

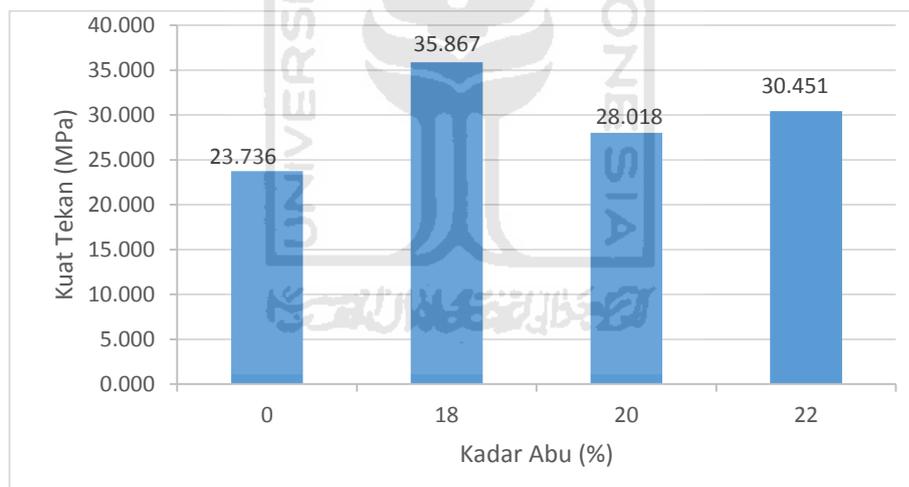
Kuat Tekan (σ) = $\frac{P}{A}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{83,5}{35,344} \\
 &= 2,3624 \text{ kN/cm}^2 \\
 &= 23,624 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk kode IB dan IC sama seperti perhitungan diatas, kemudian untuk memperoleh kuat tekan rata-rata dengan cara menjumlahkan ketiga hasil perhitungan kuat tekan Kode I kemudian dibagi dengan jumlah kode. Perhitungan kuat tekan rata-rata benda uji Kode I dapat dilihat seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 \sigma'_m &= \frac{\sum \sigma}{n} \\
 &= \frac{23,626+24,892+22,491}{3} \\
 &= 23,670 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Grafik hasil pengujian kuat tekan rata-rata pada masing-masing variasi abu serbuk kayu Jati dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut :



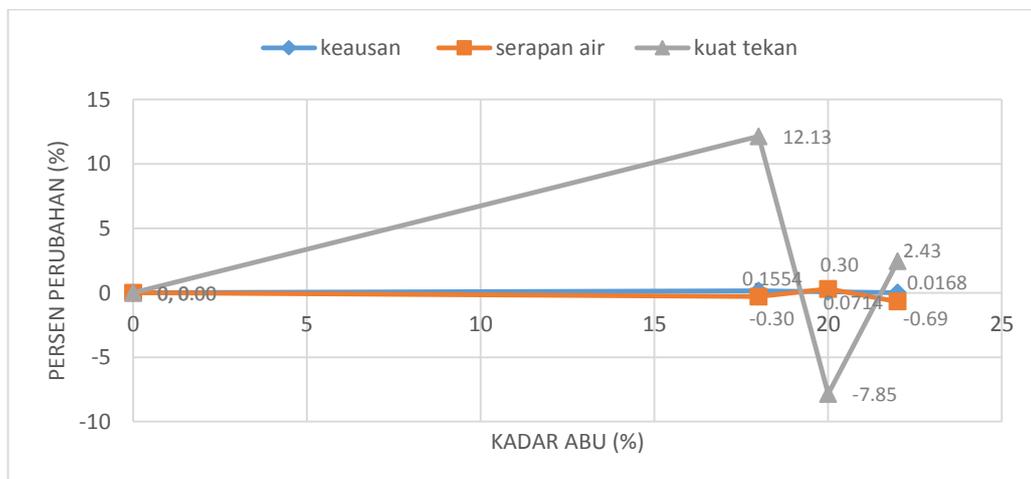
Gambar 5.3 Hubungan Antara Penambahan Abu Serbuk Kayu Jati Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*

Dari hasil pengujian *paving block*, diperoleh kuat tekan rata-rata *paving block* normal sebesar 23,736 Mpa. Pada *paving block* dengan penambahan abu serbuk kayu Jati 18% kuat tekan mengalami kenaikan menjadi 35,867 Mpa. Peningkatan ini dikarenakan kandungan senyawa silika (SiO_2) yang terdapat pada abu serbuk kayu menjadi pengisi antara partikel-partikel pembentuk *paving block*, sehingga dengan adanya abu serbuk kayu porositas beton akan lebih kecil dan kedepan

paving block menjadi bertambah sehingga permeabilitas kecil. Hal ini menyebabkan kekuatan *paving block* meningkat. Partikel-partikel SiO_2 pada abu serbuk kayu sangat halus sehingga memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Partikel-partikel tersebut berinteraksi dengan campuran pasir dan semen. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin kuat pula *paving block*. Pada campuran *paving block* dengan kadar abu 18% ini mencapai kekuatan tekan yang optimum, karena pada saat penambahan abu serbuk kayu sebesar 22% dan 22% kekuatan *paving block* menurun. Penurunan ini terjadi akibat penambahan silika yang berlebihan. Kadar silika yang terlalu berlebihan membawa dampak negatif yaitu dengan timbulnya reaksi alkali silika. Reaksi alkali silika merupakan reaksi antara kandungan silika aktif dalam abu serbuk kayu dan alkali silika dalam semen. Reaksi ini membentuk suatu gel alkali-alkali yang menyelimuti butiran-butiran agregat. Gel tersebut dikelilingi oleh pasta semen dan akibatnya terjadi pemuaihan, yang dapat mengakibatkan retak atau pecahnya pasta semen sehingga *paving block* menjadi rapuh. (Herlina, 2005).

5.6 Hubungan Antara Daya Serap, Kuat Tekan, Dan Keausan *Paving Block*

Dari hasil pembahasan antara ketiga pengujian diatas, diperoleh hubungan antara kuat tekan, daya serap, dan keausan *paving block*. Hubungan ketiganya dapat dilihat pada Gambar 5.4 sebagai berikut :



Gambar 5.4 Hubungan Antara Kuat Tekan, Daya Serap, Dan Keausan *Paving Block*

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada *paving block* dengan penambahan abu serbuk kayu Jati sebagai bahan tambah, abu serbuk kayu berpengaruh pada kuat tekan, daya serap air, dan keausan *paving block*. Pada umumnya, semakin padat *paving block* maka kekuatannya semakin tinggi, sehingga daya serap air semakin rendah karena rongga-rongga pada *paving block* semakin kecil. Hal ini terbukti pada saat penambahan abu serbuk kayu pada kadar 20%, kuat tekan *paving block* rendah sedangkan daya serap *paving block* tinggi. Hal ini terjadi dikarenakan oleh penambahan silika yang terlalu banyak membawa dampak negatif yaitu dengan timbulnya reaksi alkali silika. Reaksi alkali silika merupakan reaksi antara kandungan silika aktif dalam abu serbuk kayu dan alkali silika dalam semen. Reaksi ini membentuk suatu gel alkali-alkali yang menyelimuti butiran-butiran agregat. Gel tersebut dikelilingi oleh pasta semen dan akibatnya terjadi pemuaian, yang dapat mengakibatkan retak atau pecahnya pasta semen sehingga *paving block* menjadi rapuh. (Herlina, 2005).

Menurut Suroso (2001), bahwa pengeringan beton dengan cara dipanaskan mengakibatkan kandungan air bebas dalam beton dan sekaligus air dalam bentuk koloid (berukuran 0,000001-0,002 mm) yang lebih kenyal yang terikat dalam pasta akan menguap. Kondisi penguapan kandungan air dalam beton tersebut selanjutnya menimbulkan kerusakan pada pasta. Dengan semakin banyak jumlah pasta, maka kerusakan yang terjadi akibat pemanasan semakin besar sehingga beton menjadi lebih porous dan serapan air semakin besar. Kondisi porous ini semakin ditambah dengan bertambahnya pori dalam pasta campuran yang tentunya mengakibatkan nilai serapan air bertambah besar.

Nilai keausan juga semakin tinggi seiring bertambahnya abu serbuk kayu sebagai *filler*. Abu serbuk kayu pada saat proses pencampuran mengalami penggumpalan-penggumpalan dan menyerap banyak air sehingga campuran tidak homogen dan tidak plastis. Hal tersebut terjadi karena bereaksi secara maksimal dengan keberadaan air semakin berkurang. Dan kapur yang dibebaskan dari hasil proses hidrasi antara semen dengan air juga semakin berkurang. Dengan demikian kapur yang dibebaskan tidak mampu bereaksi maksimal terhadap silika pada abu serbuk kayu yang semakin banyak, sehingga fungsi semen dan abu serbuk kayu

sebagai bahan perekat akan semakin menurun. Dari hal tersebut maka *paving block* menjadi lebih rapuh dan bahkan ujung ujung *paving block* bisa diserpihkan dengan tangan kosong. Sehingga nilai keausannya juga semakin besar sebanding dengan persentase penambahan abu serbuk kayu sebagai bahan *filler*.



BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada *paving block* yang diberi bahan tambah berupa abu serbuk kayu Jati dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan rata-rata *paving block* dalam keadaan normal kemudian ditambah dengan abu serbuk kayu pada kadar 18%, 20% dan 22% 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 sebesar 0,1212 mm/menit, 0,2766 mm/menit, 0,3480 mm/menit dan 0,3648 mm/menit.
2. Dari sisi kuat tekan, hasil kuat tekan paling tinggi pada saat penambahan abu serbuk kayu Jati sebesar 18% dengan kuat tekan sebesar 35,867 MPa. Dari hasil kuat tekan tersebut, sesuai SNI *paving block* dengan penambahan abu dengan kadar 18% masuk dalam mutu kelas B yang berfungsi untuk pelataran parkir. Dari sisi daya serap, daya serap paling rendah pada saat penambahan abu serbuk kayu Jati sebesar 22% dengan nilai daya serap sebesar 6,331%. Dari hasil daya serap tersebut, *paving block* dengan penambahan abu sebesar 22% masuk dalam mutu C yang berfungsi untuk pejalan kaki. Sedangkan dari sisi keausan, keausan terendah berada pada saat penambahan abu serbuk kayu Jati sebesar 0% dengan nilai keausan 0,1212 mm/menit. Dari nilai keausan tersebut *paving block* dengan penambahan abu serbuk kayu Jati dengan kadar 0% masuk dalam mutu B yang berfungsi untuk pelataran parkir.

6.2 SARAN

Dengan meninjau hasil penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Pada saat pembuatan benda uji, perlu diperhatikan proses pencampuran pada saat pengadukan agar campuran lebih homogen, sehingga campuran lebih merata.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis kayu yang berbeda.
3. Pada penelitian berikutnya dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui kandungan abu serbuk kayu yang digunakan.



DAFTAR PUSTAKA

- American Society For Testing And Material, 2005, *Standard Test Method For Abrasion Resistance Of Concrete Or Mortar Surface By The Rotating Cutter Method*, ASTM Designation : C 944-99. West Conshohocken, PA.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990), Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 1996, Bata Beton (*Paving Block*) (SNI 03-0691-1996), Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2000, Metode Pengujian Ketahanan Abrasi Permukaan Beton Atau Mortar Dengan Metode Pemotongan Berputar (SNI 03-6428-2000).
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982, Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI-1982), Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Fitalaka, S., 2015, *Paving Block Mutu Tinggi Dengan Bahan Campur Abu Batu*, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Halim, A. Irawan, D. dan Risman, 2011, Upaya Peningkatan Kuat Tekan Dan Tarik Belah Batako Dengan Penambahan Serbuk Kayu, *Widya Teknika* Vol. 19 No.1; Maret 2011, Malang.
- Hidayat, F. I. M. dan Mitarlis, 2016, Karakteristik Silika Dari Limbah Padat Hasil Sintesis Furfural Berbahan Dasar Sekam Padi, *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.5, No.2, Mei 2016, Surabaya.
- Kurniasari, F., 2012, *Kinerja Paving Block Menggunakan Agregat Vulkanik Merapi*, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Mulyani, S. Dahlan, D. dan Adril, E., 2012, Pengaruh Persen Massa Hasil Pembakaran Serbuk Kayu Dan Ampas Tebu Pada Mortar Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisisnya, *Jurnal Ilmu Fisika*, Vol 4 No 1 Maret 2012, Sumatera Barat.
- Nugroho, P. dan Antoni, 2007, *Teknologi Beton*, Andi Offset, Surabaya.

- Pamuji, L. A., 2007, Pengaruh Penambahan Tras Muria Sebagai Bahan Ikatan Tambahan Pada Pembuatan *Paving Block* Ditinjau Terhadap Nilai Kuat Tekan, Ketahanan Aus Dan Serapan Air, Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan), Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Putra, A., (Tahun Tidak Disebutkan), Pengaruh Variasi Bentuk *Paving Block* Terhadap Kuat Tekan, Jurnal Tugas Akhir, Universitas Riau, Riau.
- Putra, D., 2006, Penambahan Abu Sekam Pada Beton Dalam Mengantisipasi Kerusakan Akibat Magnesium Sulfat Pada Air Laut, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol 10, No.2, Juli 2006, Denpasar.
- Rojikin, I., 2012, Pengaruh Penambahan Serbuk Marmer Terhadap Kuat Lentur Kering Dan Basah, Kuat Lentur, Dan Daya Serap Air *Paving Block*, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Saenjaya, P. D., 2013, Pengaruh Variasi Semen Dan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Terhadap Karakteristik *Paving Block* Yang Dibuat Dari Material Vulkanik Gunung Merapi Pada Gradasi Zona II Menurut SNI T-15-1990-03, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia.
- Saifuddin, I. M., (Tahun Tidak Disebutkan), Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton, Jurnal Tugas Akhir, Universitas Pasir Pengaraian.
- Siswadi, Rapa. A., Puspitasari. D., 2007, Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa Penggergajian Terhadap Kuat Desak Beton, Jurnal Tugas Akhir, Volume 7 No. 2, Februari 2007 : 144-151, Yogyakarta.
- Sukron, M. S., 2012, Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Andhesit Sebagai Bahan Tambah Pada *Paving Block*, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo Kardiyono, Ir. ME., 1992, Bahan Bangunan, Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Ummah, S. Prasetyo. A, Barroroh. H., 2010, Kajian Penambahan Abu Sekam Padi Dari Berbagai Suhu Pengabuan Terhadap Plastisitas Kaolin, *ALCHEMY*, Vol. 1 No. 2 Maret 2010, hal. 53-103, Malang

- Wicaknono, F., 2012, Pengaruh Abu Sekam Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Kuat Desak Dan Kuat Lentur Serta Daya Serap Air *Paving Block*, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Widari, A. L., 2015, Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada *Paving Block*, Teras Jurnal, Vol.5 No.1:1 Maret 2015, Aceh.
- Wulandari, I. F., 2011, Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandits L.f*) Pada Paduan Tanah Liat Dan Abu Sampah Terhadap Kualitas Batu Bata Merah Di Kabupaten Karanganyar, Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan), Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Yusnita, 2008, Pengaruh Penambahan Abu Pembakaran Serbuk Kayu Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisik Beton, Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan), Universitas Sumatera Utara, Medan.



LAMPIRAN





Gambar 1.1 Serbuk Kayu Jati



Gambar 1.2 Alat Furnace



Gambar 1.3 Tungku



Gambar 1.4 Saringan



Gambar 1.5 Pan dan Abu Hasil Penyaringan



Gambar 1.6 Timbangan



Gambar 1.7 Mixer



Gambar 1.8 Mesin Press *Paving Block*



Gambar 1.9 *Paving Block* Asli



Gambar 1.10 *Paving Block* Ukuran Kubus



Gambar 1.11 Mesin Keausan *Paving Block*



Gambar 1.12 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*





HASIL PENGUJIAN BATA LANTAI (PAVING BLOCK)

Nomor : 01/LBBM/III/2016

Pengirim : Asteria Indah Safira, Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Keperluan : Penelitian Skripsi

Diterima tgl. : 22 Juli 2016

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Ukuran (mm)			Tgl. Produksi	Tgl. diuji	Berat SSD (grm)	Berat K. Oven (grm)	B.j. SSD (grm/dm ³)	B.j. K. Oven (grm/dm ³)	Beban maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Ketahanan aus (mm/menit)	Serapan air (%)	Keterangan
		Panjang	Lebar	Tebal											
1	Kode I A	59,50	59,40	64,50	?	29-07-2016	497,4	465,0	2182	2040	83,5	23,626	0,1254	6,97	
2	Kode I B	59,20	58,70	65,10	?	29-07-2016	503,9	473,3	2227	2092	86,5	24,892	0,1002	6,47	
3	Kode I C	59,10	48,90	65,20	?	29-07-2016	507,2	471,3	2692	2501	65,0	22,491	0,1380	7,62	
Nilai rerata															
					?				2367	2211		23,670	0,1212	7,02	
4	Kode II A	59,60	59,40	52,50	?	29-07-2016	451,6	425,5	2430	2289	100,0	28,247	0,1506	6,13	
5	Kode II B	60,10	59,10	57,40	?	29-07-2016	448,6	418,4	2200	2052	144,0	40,542	0,1758	7,22	
6	Kode II C	59,80	59,40	58,40	?	29-07-2016	457,3	428,2	2204	2064	113,5	31,953	0,5034	6,80	
Nilai rerata															
					?				2278	2135		33,580	0,2766	6,72	
7	Kode III A	60,00	59,70	59,20	?	29-07-2016	467,7	437,2	2206	2062	85,5	23,869	0,2892	6,98	
8	Kode III B	59,70	59,20	60,60	?	29-07-2016	487,2	455,4	2275	2126	132,0	37,349	0,3648	6,98	
9	Kode III C	60,20	60,40	59,40	?	29-07-2016	478,5	446,8	2215	2069	81,0	22,277	0,3900	7,09	
Nilai rerata															
					?				2232	2086		27,832	0,3480	7,02	
10	Kode IV A	60,60	59,40	59,40	?	29-07-2016	473,2	442,5	2213	2070	99,0	27,503	0,4404	6,94	
11	Kode IV B	60,60	59,20	65,20	?	29-07-2016	523,7	493,5	2239	2110	124,0	34,564	0,2010	6,12	
12	Kode IV C	58,80	58,70	64,20	?	29-07-2016	519,1	489,9	2343	2211	104,5	30,276	0,4530	5,96	
Nilai rerata															
					?				2265	2130		30,781	0,3648	6,34	

Yogyakarta, 01 Agustus 2016
 Bidang Kerja Sama dan
 Pengabdian Kepada Masyarakat

Dr. Ir. M. Fauzie Siswanto, M.Sc
 NIP : 195606061984034005

(Handwritten signature and stamp)



Form : 03.2/BKT

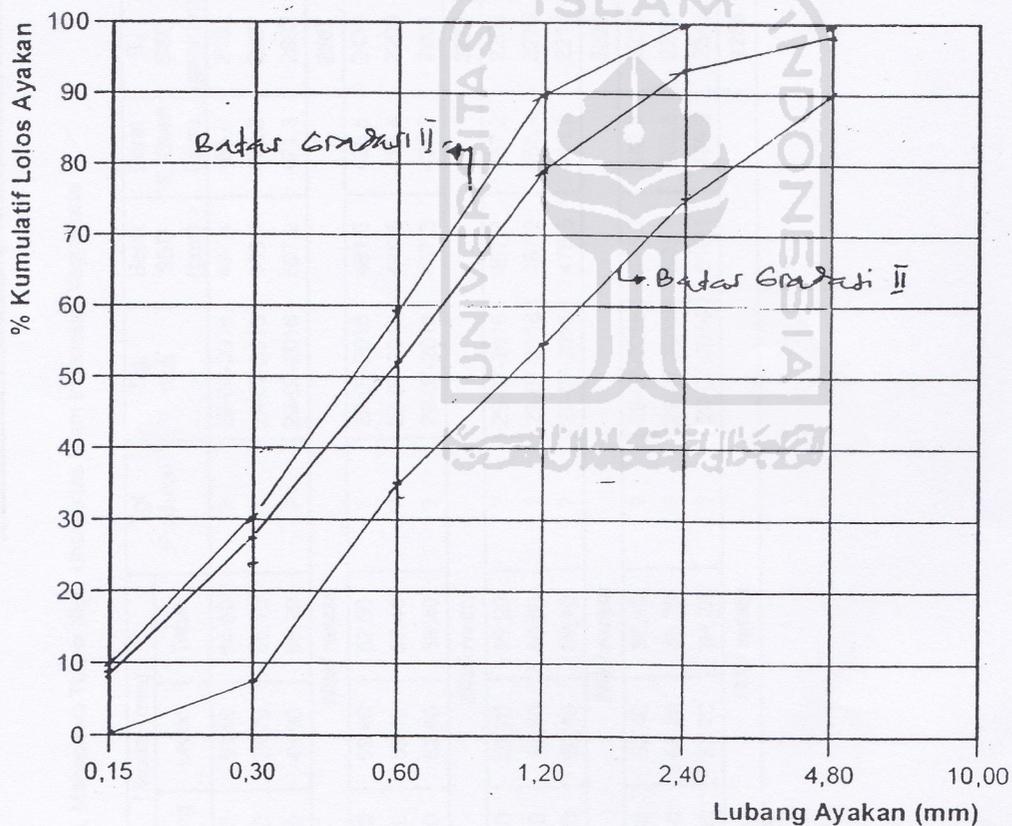
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	✓

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

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : (daerah II)
- Jenis Pasir : Pasir Agak kasar.

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa oleh: LABORATORIUM
TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Yogyakarta,

Dikerjakan oleh:

(Handwritten signature)
(Gary Guntara)



Form : 03.1/BKT

Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	✓

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

Pengirim	Carry Santosa
Tanggal Terima	
Asal Agregat	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir.

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00				
20,00				
10,00	0	0	0	100
4,80	7	0,35	0,35	99,64
2,40	100	5,03	5,47	94,52
1,20	290	14,56	20,32	79,67
0,60	525,5	26,38	47,23	52,76
0,30	474,5	23,82	71,53	28,46
0,15	360,7	18,11	90,01	9,99
Sisa	195,234	11,759,98	99,99	0
Jumlah	1952,7	100	334,91	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{334,91}{100} = 3,349$$

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah VI
10,00	100	100	100	100
4,80	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,40	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,20	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,30	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 VI : Pasir Halus