

**PEMANFAATAN ABU DASAR (*BOTTOM ASH*) DAN KAPUR  
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA *PAVING*  
*BLOCK* SESUAI DENGAN SNI 03-0691-1996**

**RIA NUR HAYNI  
5415116445**



Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2017**

## ABSTRAK

**Ria Nur Hayni.** *Pemanfaatan Abu Dasar (Bottom ash) dan Kapur Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Paving block sesuai dengan SNI 03-0691-1996.* Skripsi, Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Januari 2017. Dosen Pembimbing: Drs. Prihantono, M.Eng. dan Anisah, M.T

Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen untuk mengetahui mutu yang tercapai sesuai dengan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton baik secara fisis dan mekanis sehingga dapat mengurangi jumlah limbah B3 yang tidak terpakai

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan populasi adalah bata beton yang menggunakan abu dasar dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dalam 5 persentase 25%, 30%, 35%, 40%, 45% dari jumlah semen yang digunakan pada campuran normal. Penelitian ini menguji 6 pengujian, yaitu: pengujian kuat tekan, ketahanan aus, ketahanan terhadap natrium sulfat, penyerapan air dan pengujian fisis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kualitas produk yang memiliki persentase yang berbeda. Persentase 25% dan 30% menunjukkan mutu B berdasarkan SNI 03-0691-1996. Persentase 35% menunjukkan mutu C dan 40% menunjukkan mutu D berdasarkan SNI 03-0691-1996. Persentase 45% menunjukkan hasil dibawah mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996. *Paving block* optimum yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 30% yang memiliki rata-rata 20,66 MPa pada tes tekan dan maksimum 21,86 MPa, 0086 mm / maksimum menit untuk ketahanan aus dari persentase 35% dan 2,25% adalah jumlah maksimum untuk uji penyerapan air dari 30% persentase. Dalam penelitian ini semua produk yang digunakan *bottom ash* dan kapur memiliki ketahanan 0,744% rata-rata natrium sulfat.

**Kata Kunci:** *Paving block*, Limbah B3, Abu Dasar, Kapur, Semen.

## ABSTRACT

**Ria Nur Hayni.** *Utilization bottom ash and lime as substitute partial cement on paving block based on SNI 03-0691-1996. Essay, Jakarta; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta. January 2017. Supervised by: Drs. Prihantono, M.Eng and Anisah, M.T.*

*The purpose of this research is to utilize bottom ash and lime as substitute partial cement to know quality of product based on SNI 03-0691-1996 about paving block both physically and mechanically so that can reduce amount of B3 waste unused.*

*This research used an experimental method, the population of paving block using bottom ash and lime as substitute partial of cement within 5 percentage 25%, 30%, 35%, 40%, and 45% of the amount of cement used in the normal mix. This research examined the six test, namely: testing of compressive test, wear resistance, resistance to sodium sulfate, water absorption and testing measure.*

*The result showed that the difference of quality of product which have different percentage. Percentage 25% and 30% showed B quality based on SNI 03-0691-1996. Percentage 35% showed C quality and 40% showed a D quality based on SNI 03-0691-1996. Percentage 45% showed result below quality based on SNI 03-0691-1996. The optimum paving block produced in this research is 30% which has average 20,66 MPa result on compressive test and maximum 21,86 MPa, 0,086 mm/minute maximum for wear resistance from 35% percentage and 2,25% is maximum amount for water absorption test from 30% percentage. In this research all product which used bottom ash and lime has average 0.744% resistance of sodium sulfate.*

**Keyword :** *Paving block, B3 Waste, Bottom ash, Lime, Cement*

## LEMBAR PERSETUJUAN

Nama : Ria Nur Hayni  
No. Registrasi : 5415116445  
Jurusan : Teknik Sipil  
Program Studi : Pendidikan Teknik Bangunan

Judul Skripsi : PEMANFAATAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) DAN  
KAPUR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN  
PADA PAVING BLOCK SESUAI DENGAN SNI 03-0691-  
1996

Jakarta, Februari 2017

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

**Drs. Prihantono, M.Eng**

NIP. 19611104 198703 1 003

**Anisah, M.T**

NIP. 19750821 200604 2 001

## HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Prihantono, M.Eng (Dosen Pembimbing I)	.....	.....
Anisah, M.T (Dosen Pembimbing II)	.....	.....

## PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
R. Eka Murtinugraha, M.Pd (Ketua Penguji)	.....	.....
Dra. Daryati, M.T (Dosen Penguji I)	.....	.....
Sittati Musalamah, M.T (Dosen Penguji II)	.....	.....

Tanggal Lulus : 31 Januari 2017

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana di Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dari dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Februari 2017

Yang Membuat Pernyataan

Ria Nur Hayni  
5415 11 6445

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, karunia dan pengasihannya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**PEMANFAATAN ABU DASAR (*BOTTOM ASH*) DAN KAPUR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA *PAVING BLOCK* SESUAI DENGAN SNI 03-0691-1996 ”. Yang merupakan sebagian persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Teknik pada program studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.**

Keterbatasan pengetahuan dan kemampuan saya dalam penelitian ini, menyebabkan saya sering menemukan kesulitan. Oleh karena itu skripsi ini tidaklah dapat terwujud dengan baik tanpa adanya bimbingan, dorongan, saran dan bantuan dari berbagai pihak. Maka sehubungan dengan hal tersebut, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Drs. Prihantono, M.Eng dan Anisah, MT selaku dosen pembimbing yang penuh kesabaran selalu membimbing dan memberi semangat kepada saya hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Cutaryo dari PLTU Suralaya, Bapak Munandir dari Balai Unit Penyelidikan Bina Marga, Bapak Nuryadi dari Balai Uji Teknis Barang Teknik dan laboran yang telah membantu dalam penelitian saya.
3. Kedua Orangtua saya, Terimakasih untuk doa, semangat dan dukungan dari beliau sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Keluarga, kerabat, teman dan sahabat yang selalu mendukung dan memberikan semangat.

Penulis menyadari bahwa skripsi banyak kekurangannya dari segi isi dan penulisannya. Akhir kata saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Penulis

Ria Nur Hayni

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iiiv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Perumusan Masalah .....	7
1.5 Tujuan Penelitian .....	7
1.6 Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II.KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Landasan Teori .....	8
2.1.1 Syarat Mutu Bata Beton ( <i>Paving block</i> ).....	10
2.1.2 Bahan Penyusun <i>Paving block</i> .....	11
2.1.2.1 Agregat Halus.....	11
2.1.2.2 Air.....	13
2.1.2.3 Semen .....	14
2.1.3 <i>Bottom ash</i> .....	15
2.1.3.1 Definisi <i>Bottom ash</i> .....	15
2.1.3.2 Karakteristik <i>Bottom ash</i> .....	15
2.1.4 Kapur.....	17
2.1.4.1 Definisi Kapur .....	17

2.1.4.2 Karakteristik Kapur .....	18
2.2 Penelitian Relevan .....	21
2.3 Kerangka Berpikir .....	23
2.4 Hipotesis Penelitian .....	25
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	26
3.2.1 Populasi.....	26
3.2.2 Sampel.....	27
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	27
3.4 Prosedur Penelitian .....	29
3.4.1 Tahap Persiapan .....	29
3.4.2 Tahap Pemeriksaan Bahan .....	29
3.4.3 Tahap Pembuatan Benda Uji .....	30
3.4.4 Tahap Pengujian Benda Uji .....	32
3.5 Metode Penelitian .....	38
3.6 Perlakuan Penelitian .....	38
3.7 Teknik Analisis Data .....	39
3.8 Diagram Alur Penelitian .....	40
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>41</b>
4.1 Pengujian Awal Bahan .....	41
4.2 Rancangan Campuran <i>Paving block</i> .....	43
4.3 Pembuatan Benda Uji .....	44
4.4 Perawatan.....	44
4.5 Hasil dan Pembahasan Pengujian <i>Paving block</i> .....	45
4.5.1. Data Hasil Pengujian.....	45
4.5.2. Deskripsi Hasil Pengujian.....	47
4.5.2.1 Pengujian Tampak dan Ukuran .....	47
4.5.2.2 Pengujian Penyerapan Air .....	47
4.5.2.2.1. Deskripsi Hasil Kelompok Uji .....	47
4.5.2.2.2. Analisa Rata-Rata Kelompok Uji .....	53

4.5.2.3	Pengujian Kuat Aus.....	55
4.5.2.3.1.	Deskripsi Hasil Kelompok Uji .....	55
4.5.2.3.2.	Analisa Rata-Rata Kelompok Uji .....	59
4.5.2.4	Pengujian Ketahanan Natrium Sulfat .....	62
4.5.2.5	Pengujian Kuat Tekan .....	64
4.5.2.5.1.	Deskripsi Hasil Kelompok Uji .....	64
4.5.2.5.2.	Analisa Rata-Rata Kelompok Uji .....	69
4.6	Pembahasan Hasil Penelitian .....	70
4.7	Keterbatasan Penelitian .....	73
<b>BAB V.KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>75</b>
5.1	Kesimpulan .....	75
5.2	Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>76</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>78</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kategori Mutu <i>Paving block</i> .....	2
Tabel 2.1. Standar Mutu Bata Beton ( <i>Paving block</i> ) .....	10
Tabel 2.2 Sifat-Sifat Fisika .....	11
Tabel 2.3. Bahan Penyusun Semen Portland Komposit.....	15
Tabel 2.4. Kadar Kimia <i>Bottom ash</i> (1).....	16
Tabel 2.5. Kandungan Kimia <i>Bottom ash</i> (2) .....	16
Tabel 2.6. Susunan Kimia Batu Kapur Di Indonesia.....	19
Tabel 2.7. Syarat Mutu Kapur Tohor .....	20
Tabel 2.8. Kandungan Kimia Kapur Tohor .....	21
Tabel 3.1. Sampel Persentase Kadar Semen, <i>Bottom ash</i> dan Kapur .....	27
Tabel 3.2 Jumlah Sampel Uji Berdasarkan SNI 03-0691-1996.....	38
Tabel 4.1 Pengujian Awal Bahan Agregat Halus .....	42
Tabel 4.2 Pengujian Awal Semen .....	42
Tabel 4.3 Pengujian Awal Gradasi <i>Bottom ash</i> .....	42
Tabel 4.4 Proporsi Campuran .....	43
Tabel 4.5 Hasil Pengujian .....	45
Tabel 4.5b Hasil Pengujian (lanjutan).....	46
Tabel 4.6. Ukuran <i>Paving block</i> .....	47
Tabel 4.7 Mutu Kelompok Uji Berdasarkan SNI 03-0691-1996.....	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Macam Bentuk <i>Paving block</i> .....	9
Gambar 2.2. Macam Warna <i>Paving block</i> .....	9
Gambar 2.4. Proses Pengolahan Batu Bara Menjadi <i>Bottom ash</i> .....	17
Gambar 3.2. Bentuk Sampel <i>Paving block</i> .....	27
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian .....	40
Gambar 4.1 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis A .....	47
Gambar 4.2 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis B .....	49
Gambar 4.3 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis C .....	50
Gambar 4.4 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis D .....	51
Gambar 4.5 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis E .....	51
Gambar 4.6 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Rata-Rata .....	53
Gambar 4.7 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus A .....	55
Gambar 4.8 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus B .....	56
Gambar 4.9 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus C .....	57
Gambar 4.10 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus D .....	57
Gambar 4.11 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus E .....	58
Gambar 4.12 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus Rata-Rata Kelompok Uji .....	59
Gambar 4.13 Histogram Hasil Pengujian Rata-Rata Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat .....	62
Gambar 4.14 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji A .....	64
Gambar 4.15 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji B .....	65
Gambar 4.16 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji C .....	66
Gambar 4.17 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji D .....	67
Gambar 4.18 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji E .....	68
Gambar 4.19 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Rata-Rata Kelompok Uji ...	69
Gambar 4.20 Histogram Hasil Uji Rata-Rata .....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Unsur Kandungan <i>Bottom ash</i> .....	78
Lampiran 2. Uji Unsur Kandungan Kapur.....	80
Lampiran 3. Uji Unsur Kandungan <i>Bottom ash</i> dan Kapur.....	81
Lampiran 4. Uji Kualitas Pasir Beton .....	83
Lampiran 5. Uji Kualitas Semen.....	84
Lampiran 6. Uji Kualitas <i>Bottom ash</i> dan Kapur.....	85
Lampiran 7. Mix Design .....	86
Lampiran 8. Dokumentasi Pembuatan <i>Paving block</i> .....	90
Lampiran 9. Dokumentasi Perawatan <i>Paving block</i> .....	93
Lampiran 10. Dokumentasi Pengujian <i>Paving block</i> .....	94
Lampiran 11. Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving block</i> .....	105
Lampiran 12. Hasil Pengujian Kekuatan Aus <i>Paving block</i> .....	107
Lampiran 13. Hasil Pengujian Natrium Sulfat <i>Paving block</i> .....	111
Lampiran 14. Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i> .....	113
Lampiran 15. Hasil Pengujian Ukuran dan Tampak <i>Paving block</i> .....	118
Lampiran 16. Job Sheet.....	119

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembuatan produk yang menggunakan bahan-bahan sisa atau limbah telah banyak dikembangkan pada saat ini, baik itu limbah pertanian maupun limbah industri. Pemanfaatan bahan-bahan limbah ini memiliki banyak keuntungan, di antaranya harganya yang murah dan dapat memberikan nilai tambah bagi produk tersebut. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan abu dasar (*bottom ash*). Abu dasar (*bottom ash*) adalah salah satu limbah padat yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara dalam PLTU. *Bottom ash* merupakan salah satu limbah B3 berdasarkan PP No.101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah B3.

Batu bara banyak digunakan pada industri besar di Indonesia. Jumlah produksi batu bara pada tahun 2013 mencapai 450 juta ton dengan penggunaan jumlah konsumsi sebesar 70,320 juta ton dan sekitar 60,49 juta ton dialokasikan untuk PLTU. (Badan Pusat Statistik, 2013:2). Hal ini juga menyebabkan hasil pembakaran batu bara menyumbang limbah yang besar terutama pada PLTU. *Bottom ash* memiliki kontribusi sekitar 20%-30% dari limbah batu bara. *Bottom ash* kaya akan kandungan silika, kalsium, aluminium dan besi (M. Whittaker,2015:1). Oleh sebab banyaknya jumlah abu dasar (*bottom ash*) yang tidak digunakan tetapi dapat dimanfaatkan maka abu dasar tersebut diharapkan

dapat digunakan dalam pembuatan *paving block* karena kandungan *bottom ash* yang berpotensi dapat menggantikan semen.

Menurut SNI 03-0691-1996, *Paving block* merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau bahan perekat, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu. *Paving block* dikenal juga dengan sebutan bata beton (*concrete block*) atau *cone blok*. *Paving block* banyak digunakan untuk perkerasan jalan seperti trotoar, areal parkir, jalanan pemukiman atau kompleks perumahan, dan taman. *Paving block* digolongkan dalam beberapa kategori mutu sebagai berikut :

**Tabel 1.1 Kategori Mutu *Paving block***

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Klasifikasi Penggunaan
	Rata-Rata	Minimal	
A	40	35	Jalan
B	20	17	Pelataran Parkir
C	15	12,5	Pejalan Kaki
D	10	8,5	Taman dan Penggunaan lain

Sumber : SNI 03-0691-1996

Pada penelitian yang dilakukan oleh Agoes Soehardjono,dkk (2013) mengenai penggunaan *bottom ash* untuk pengganti sebagian semen pada *paving block* dengan variasi 0%,25%, 30%,40%, 45%, 50%, 55%, dan 60% dari berat semen, dari penelitian ini didapatkan bahwa kadar optimum penggunaan *bottom ash* adalah 30%. *bottom ash* yang dapat mencapai mutu A yaitu variasi 25%, 30% dan mutu B adalah variasi 35% dan 40%. Pada penelitian ini juga dianjurkan agar

memvariasikan faktor air semen dan menambahkan bahan tambah agar *bottom ash* dapat memenuhi kandungan kimia yang setara dengan semen.

Melihat kandungan kimia *bottom ash* terutama kalsium yang terkandung didalamnya tidak setara dengan kandungan kalsium yang berada didalam semen. Disarankan menggunakan kapur dimaksudkan agar menambahkan senyawa kalsium yang kurang pada *bottom ash*. (Soehardjono.dkk,2013:4). Kapur mentah yang merupakan senyawa CaO memiliki fungsi untuk menghasilkan energi panas dalam pembentukan hidrat dalam bahan ikat seperti semen (Rahayu,2009:20). Kapur adalah bahan pengikat yang sudah dimanfaatkan dari zaman Romawi dan Yunani menurut (Mulyono, 2005:22). Menurut SNI 15-2049-2004, Kapur Merupakan bahan penyusun semen terbanyak dengan kandungan 58%-65% dari berat semen. Pada penelitian digunakan kapur tohor karena kapur yang diperjualbelikan saat ini memiliki kemungkinan kandungan pemutih di dalamnya jika dalam bentuk bubuk. Sedangkan kapur tohor merupakan kapur yang pada dasarnya berbentuk bongkahan sehingga tidak terdapat kandungan pemutih didalamnya. Kapur tohor merupakan hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) pada temperatur diatas 900 derajat Celsius terjadi proses *calsinasi* dengan pelepasan gas  $\text{CO}_2$  hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut *quick lime*. (Rahayu,2009:20)

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan *paving block* dengan menggunakan bahan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti semen. Dalam

halini ditinjau sejauh mana mutu yang dihasilkan dari penggunaan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan *paving block* memenuhi standar SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*). Dalam hal ini mutu yang ingin dicapai adalah mutu A standar SNI 03-0691-1996 karena pada penelitian relevan yang dilakukan oleh Agoes Soehardjono penggunaan abu dasar maksimal dapat mencapai mutu A.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang dapat diidentifikasi dari penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti semen pada pembuatan *paving block* adalah :

1. Berapakah kadar *bottom ash* dan kapur pada pembuatan *paving block* untuk mencapai mutu minimum sesuai *paving block* standar SNI 03-0691-1996 ?
2. Berapakah kadar *bottom ash* dan kapur pada pembuatan *paving block* yang dapat mencapai mutu A sesuai *paving block* standar SNI 03-0691-1996 ?
3. Berapakah besar kuat tekan maksimum yang didapat bila menggunakan *bottom ash* dan kapur pada pembuatan *paving block*?
4. Berapakah kadar penggunaan *bottom ash* dan kapur yang dapat menurunkan daya serap air pada pembuatan *paving block* ?

### 1.3 Pembatasan Masalah

Dari berbagai masalah yang telah diidentifikasi, maka dibatasi masalah yang diteliti pada :

1. *Paving block* dengan perbandingan pasir dengan semen yang digunakan adalah 1:4 sesuai dengan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Agoes Soehardjono,dkk (2013) dengan pasir Cimangkok kondisi SSD (*Saturated Surface Dry* yaitu keadaan dimana tidak terdapat air permukaan agregat tetapi pada rongganya terisi oleh air sehingga tidak mengakibatkan penambahan maupun pengurangan kadar air pada *paving block*) dengan berat jenis  $2,662 \text{ n/m}^3$  dengan standar menurut SNI 03-0691-1996 yang dibuat pada daerah Cilangkap,Cipayung, Jakarta Timur.
2. *Bottom ash* yang digunakan adalah hasil dari PLTU Suralaya, Propinsi Banten, Kecamatan Pulomerak, Kota Cilegon.
3. Kapur berasal dari pabrik kapur PD.Surya Jaya Mineral Industri di Jln. Raya Padalarang Cianjur No.95, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat yang berasal dari Gunung Masigit dan Gunung Bancana dengan kadar kapur yang digunakan adalah 25% dari berat *bottom ash* yang digunakan. Digunakan 25% dari berat *bottom ash* karena pada penelitian yang menggunakan kapur sebagai pengganti sebagian semen pada beton menghasilkan kadar optimum pada persentase 8% (Nurjayanti,2012) dan penggunaan kapur sebagai pengganti sebagian

semen pada *paving block* pada persentase 10% merupakan penggunaan optimum (Hidayat,2004). Maka persentase 25% dari kapur dalam bahan pengganti berturut-turut untuk persentase 25%, 30%, 35%, 40%, 45% adalah 6.25%, 7.5%, 8.75%, 10%, dan 11.25% diharapkan dapat menjadi bahan pengganti yang baik karena persentase yang digunakan berada pada kisaran penggunaan optimum pada penelitian yang berkaitan dengan penggunaan kapur diatas.

4. Proporsi *bottom ash* dan kapur yang digunakan adalah 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari berat semen komposit dengan perbandingan kapur dan *bottom ash* adalah 1:4. Digunakan persentase 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% karena persentase tersebut pada penelitian Agoes Soehardjono,dkk (2013) dapat menghasilkan mutu pada kisaran mutu A~B.
5. Ukuran *paving block* yang digunakan adalah 21cm x 10,5cm x 8cm dengan pembuatan menggunakan mesin press *paving block*.
6. Faktor air semen yang digunakan 0,5.
7. Standarisasi mutu yang digunakan adalah SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*).
8. Mutu maksimum *paving block* yang ingin dicapai adalah mutu A sesuai dengan 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*). Mutu maksimum diambil dari penelitian Agoes Soehardjono (2013) dimana penggunaan abu dasar pada *paving block* mencapai maksimum mutu A.

#### **1.4 Perumusan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka peneliti dapat merumuskan masalah sebagai berikut:

Apakah penggunaan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti semen pada *paving block* dapat memenuhi standar sifat fisik dan mekanik untuk *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*)?

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui apakah penggunaan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen menggunakan proporsi 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari berat semen dengan perbandingan kapur dan *bottom ash* adalah 1:4 untuk perbandingan semen dan pasir sebesar 1:4 Sehingga memenuhi standar sifat fisik dan mekanik untuk *paving block* mutu A sesuai dengan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*).

#### **1.6 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian yang akan dilakukan diharapkan agar hasil penelitian ini dapat berguna sebagai alternatif penggunaan *bottom ash* sehingga limbah tersebut dapat digunakan kembali untuk menggantikan semen yang memiliki tingkat kebutuhan produk tinggi di masyarakat. Dalam hal ini *bottom ash* akan ditambahkan dengan kapur agar dapat memenuhi standar penggunaan *paving block* yaitu SNI 03-0691-1996.

## BAB II

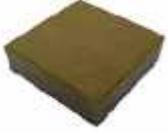
### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Landasan Teori

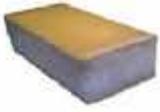
##### 2.1.1 *Paving block*

Menurut SNI 03-0691-1996, Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, agregat dengan atau tanpa tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. *Paving block* merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan untuk penutup tanah. Biasanya digunakan untuk trotoar, lahan parkir maupun area taman. *Paving block* banyak dipilih karena pemasangan yang mudah dan dapat menyerap air melalui sela-sela pemasangan *paving block*.

Jenis dan variasi yang sekarang banyak di pasaran juga merupakan alasan penggunaan *paving block*. *Paving block* memiliki 3 macam ketebalan yaitu 6 cm, 8 cm, dan 10 cm. Warna yang biasa divariasikan pada *paving block* adalah hijau, kuning, hitam, hijau, merah dan warna dasar yaitu warna abu-abu. Macam-macam bentuk *paving block* dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

 21 cm x 10.5 cm x t Tipe Straight/Bata	 22.5 cm x 11.2 cm x t Tipe Cacing	 30 cm x 21 cm x t Tipe Topi Uskup
 19.7 cm x 9.6 cm x t Tipe Trihex	 40 cm x 40 cm x t Tipe Grass Block	 40 cm x 40 cm x t Tipe Hexagon
 10 cm x 10 cm x t Tipe Tahu/ ½ Bata	 20 cm x 20 cm x t Tipe Persegi	 A= 11cm B=9cm Tipe Kawung
 20 cm x 16 cm x t Tipe Roma	 21 cm x 21 cm x t Tipe Viena	

**Gambar 2.1. Macam Bentuk *Paving block***

 Kuning	 Merah	 Abu-abu	 Hitam
---	--	---	--

**Gambar 2.2. Macam Warna *Paving block***

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, standar mutu untuk bata beton (*paving block*) dikategorikan menjadi 4 macam, seperti ditunjukkan Tabel 2.1 di bawah ini:

**Tabel 2.1. Standar Mutu Bata Beton (*Paving block*)**

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Klasifikasi Penggunaan
	Rata-Rata	Minimal	
A	40	35	Jalan
B	20	17	Pelataran Parkir
C	15	12,5	Pejalan Kaki
D	10	8,5	Taman dan Penggunaan lain

Sumber : SNI 03-0691-1996

Hal- hal yang mempengaruhi kekuatan *paving block* adalah mutu semen yang digunakan, perbandingan faktor air semen, perbandingan semen dengan agregat halus, kualitas bahan baku, rancangan campuran yang dipergunakan, pencampuran bahan, jenis mesin yang digunakan untuk mencetak *paving block*, cara perawatan *paving block*.(Kementrian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat LITBANG Pemukiman.,2012:10).

### 2.1.1 Syarat Mutu Bata Beton (*Paving block*)

Syarat mutu *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996, yaitu:

#### 2.1.1.1 Sifat Tampak

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

#### 2.1.1.2 Ukuran

*Paving block* harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi +8%.

### 2.1.1.3 Sifat Fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti tabel 2.2 berikut ini:

**Tabel 2.2 Sifat-Sifat Fisika**

Mutu	Kuat Tekan		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

### 2.1.1.4 Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

Ketahanan terhadap natrium sulfat dimaksudkan agar menguji ketahanan *paving block* terhadap kondisi penggunaan yang secara langsung terkena air hujan. Standar yang harus dipenuhi adalah *paving block* tidak boleh carat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%. (SNI 03-0691-1996)

## 2.1.2 Bahan Penyusun *Paving block*

### 2.1.2.1 Agregat Halus

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran *paving block*. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat *paving block*, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan *paving block*. Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan ialah dengan didasarkan pada ukuran butirannya. Agregat yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar atau sering disebut kerikil, kericak, atau *split*.

Sedangkan agregat yang berbutir lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus atau pasir.

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Gradasi yang baik pada agregat dapat menghasilkan beton yang padat, sehingga volume rongga berkurang dan penggunaan semen portland berkurang pula. Susunan beton yang padat dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang besar. Persyaratan agregat halus yang digunakan menurut Tjokrodimuljo (2004: 34) agar memenuhi standar SNI 03-2461-2002 adalah sebagai berikut :

1. Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut: butir-butirnya tajam dan keras dengan indeks kekerasan 2.2
2. Kekal tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca terik matahari dan hujan. Jika diuji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimal 12% dan jika dengan garam magnesium sulfat maksimum 18%.
3. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0.06mm) lebih dari 5%
4. Tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan larutan NaOH 3%, yaitu warna cairan diatas endapan agregat tidak boleh lebih gelap daripada warna standar/ pembanding.

5. Modulus halus butir 1,5~3,8 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
6. Khusus beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus harus tidak reaktif dengan alkali.
7. Agregat halus dari laut atau pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang idakui spesifikasi sebagai bahan bangunan.

#### **2.1.2.2 Air**

Mulyono (2005:46) menyatakan, air yang dapat diminum pada umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Menurut SNI 03-2487-2002, untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling, SNI 03-2847-2002 menetapkan syarat-syarat mutu air, yaitu:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan bahan yang merusak beton, seperti mengandung oli, asam, alkali, garam dan bahan organik
2. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton kecuali setelah melalui pengujian kualitas air

3. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

Dari keterangan diatas dapat disimpulkan bahwa air yang dapat digunakan sebagai campuran beton adalah air hujan, air permukaan, air laut, maupun air limbah asalkah memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan.

### **2.1.2.3 Semen**

Semen merupakan bahan campuran secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Menurut Tjokodimuljo (2004: 11) dalam bukunya yang berjudul Teknologi Beton menerangkan bahwa semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari di

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat (Mulyono,2005:38).

Mulyono (2005:39) menyatakan semen merupakan bahan pengikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan mejadi campuran beton segar yang telah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

Semen *portland* yang digunakan untuk konstruksi sipil harus memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Di Indonesia, syarat mutu yang dipergunakan adalah SNI 15-2049-2004 mengenai semen *portland*. Komposisi semen *portland* komposit terdapat pada tabel 2.3 berikut ini:

**Tabel 2.3. Bahan Penyusun Semen Portland Komposit**

<b>Komposisi Kimia</b>	<b>Kadar (%)</b>
Kapur (CaO)	58-65
Silika (SiO <sub>2</sub> )	20-26
Alumunium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5 – 9
Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1 - 5
Magnesia (MgO)	1 - 4
Trioksid Belerang (SO <sub>3</sub> )	Maksimal 4
Belerang (S)	0,3 – 2

Sumber : SNI 15-7064-2004

### 2.1.3 *Bottom ash*

#### 2.1.3.1 Definisi *Bottom ash*

*Bottom ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari sisa pembakaran batu bara tersebut adalah abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*). Dari sekali pembakaran 80-90% akan menjadi limbah batu bara dan 20%-30% dari limbah tersebut merupakan *bottom ash*. (M. Whittaker, dkk. *The Behaviour of Finely Ground Bottom ash in Portland Cement*. diakses 2015)

#### 2.1.3.2 Karakteristik *Bottom ash*

Menurut US *Departement of Transportation*, besarnya partikel *bottom ash* menyerupai pasir. Biasanya 50% ~ 90% *bottom ash* lolos saringan no 4

(4,75mm), 10 ~ 60% lolos saringan no 40 (0,42), 0% ~ 10% lolos saringan no 200 (0,075mm) dan ukuran paling besar biasanya berkisar antara 19 mm sampai 38,1 mm.

**Tabel 2.4. Kadar Kimia *Bottom ash* (1)**

Parameter	Hasil Analisa	
	Kadar	Satuan
Si	29,40 ± 0,03	%
Mg	1,17	%
Ca	14,55 ± 6,13	%
Fe	590,33 ± 0,89	Ppm
Al	0,2576 ± 0,0001	%

Sumber : Agoes Soehardjo (2013)

Dari segi kimia *bottom ash* terdiri dari silika (Si), aluminium (Al), besi (Fe), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan senyawa lainnya. Seperti ditunjukkan oleh tabel persentase kimia *bottom ash* berikut :

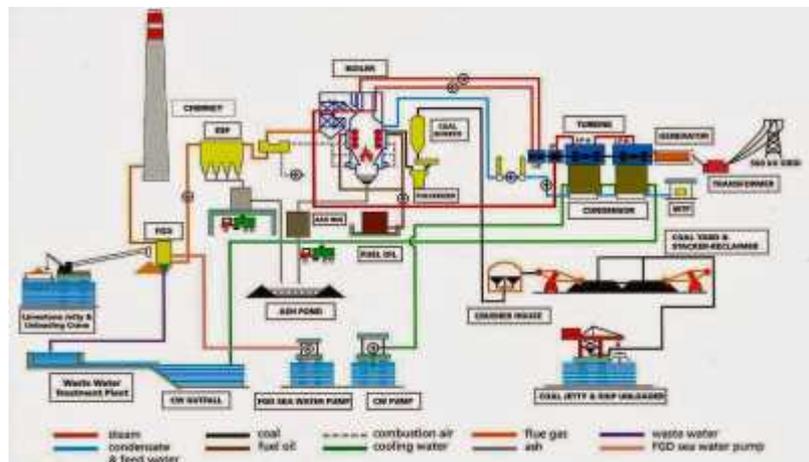
Berdasarkan uji awal kandungan kimia yang dilakukan pada *bottom ash* yang akan digunakan pada penelitian ini, didapatkan kandungan kimia *bottom ash* sebagai berikut :

**Tabel 2.5. Kandungan Kimia *Bottom ash* (2)**

Unsur	Massa (%)
O	51,10
Na	0,89
Mg	1,11
Al	11,59
Si	25,25
K	0,83
Ca	2,03
Ti	0,46
Fe	6,74

Sumber : Hasil pengujian kandungan kimia dengan JED-2300 Laboratorium Fire and Engineering UNJ.

*Bottom ash* dari PLTU Suralaya berasal dari limbah batu bara yang diambil dari Kalimantan dan kemudian di simpan dalam bunker PLTU Suralaya dengan jumlah batu bara yang di proses  $\pm 170$  ton/jam disesuaikan dengan kebutuhan aliran listrik yang akan dihasilkan. PLTU Suralaya yang memiliki 7 unit ini kemudian mengolah batu bara ini untuk mengolah air laut dengan metode pembakaran yang dilakukan di *boiler*. Sementara fly ash akan terbang dan ditangkap oleh *conveyer*, *bottom ash* akan dibawa untuk dihancurkan dengan *crusher* dan dialirkan menuju bukit di Suralaya sebagai tempat penampungan *bottom ash* dan *fly ash*. Uji untuk kedua limbah ini dilakukan per bulan. Jumlah rata-rata *bottom ash* yang dihasilkan per bulan adalah 250 ton (Data statistik PLTU Suralaya,2015).



**Gambar 2.4. Proses Pengolahan Batu Bara Menjadi *Bottom ash***

## 2.1.4 Kapur

### 2.1.4.1 Definisi Kapur

Kapur merupakan jenis bahan galian non logam yang menjadi bahan baku utama dalam pembuatan semen (Departemen

Perindustrian,2009). Kapur banyak dimanfaatkan di berbagai sektor sekeperti konstruksi, industri maupun pertanian. Pada konstruksi, batu kapur digunakan untuk pondasi maupun jalan raya serta untuk bahan dasar dari bahan bangunan. Hampir dua pertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen (Mudock dan Brook,1999:112). Kalsium oksida biasanya dibuat melalui dekomposisi termal bahan-bahan seperti batu gamping (*limestone*), atau cangkang kerang (atau cangkang *mollusca* lainnya), yang mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ; mineral kalsit) sebagai kapur bakar (*lime kiln*). Hal ini dilakukan dengan memanaskan material ini di atas  $825\text{ }^\circ\text{C}$  ( $1.517\text{ }^\circ\text{F}$ ), sebuah proses yang disebut *kalsinasi* atau pembakaran-kapur, untuk membebaskan molekul karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ); meninggalkan kapur mentah. Kapur ini tidak stabil dan ketika didinginkan akan bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  dari udara sampai waktu tertentu itu akan benar-benar diubah kembali menjadi kalsium karbonat kecuali ditambahkan dengan air untuk ditetapkan sebagai kapur *plester*. (Asti dan Habibie, 2002:23).

#### **2.1.4.2 Karakteristik Kapur**

Koesmartadi (1999: 130) menyatakan bahwa batuan yang mengandung senyawa karbonat antara lain adalah batu kapur, batu karang, dan batu kapur magnesia. Batu kapur merupakan batuan karbonat utama yang banyak digunakan dalam industry aragonit yang berkomposisi kimia sama dengan kalsit, tetapi berbeda struktur kristalnya, merupakan mineral yang dalam kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit. Susunan

kimia batu kapur/kalsium karbonat di Indonesia seperti dalam tabel 2.6 berikut :

**Tabel 2.6. Susunan Kimia Batu Kapur Di Indonesia**

No	Unsur Kimia	Jumlah (%)
1	CaO	40 – 55
2	SiO <sub>2</sub>	0,23 – 18,12
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20 – 4,33
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10 – 1,36
5	MgO	0,05 – 4,26
6	CO <sub>2</sub>	35,74 – 42,78
7	H <sub>2</sub> O	0,10 – 0,85
8	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07 – 0,11
9	K <sub>2</sub> O	0,18
10	LOI	40,06

Sumber : Murni Asti dan Sudirman Habibie, 2002

Menurut Asti dan Habibie (2002:23) sesuai dengan tujuan pemakaiannya, kapur diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Kapur tohor yaitu hasil pembakaran batu alam yang sebagian besar komposisinya adalah kalsium karbonat.
2. Kapur padam yaitu hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat.
3. Kapur udara yaitu kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu hanya dapat mengeras diudara Karena pengikatan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
4. Kapur hidrolis yaitu kapur yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras, baik di air maupun udara.
5. Kapur magnesia yaitu kapur yang mengandung lebih dari 5% magnesium oksida (MgO), dihitung dari contoh kapur yang dipijarkan.

**Tabel 2.7. Syarat Mutu Kapur Tohor**

Uraian	Persyaratan		
	Kelas 1	Kelas 2	
1	Kehalusan = sisa diatas ayakan maks % berat 4,75 mm 1,18 mm 0,85 mm	- 0 5	0 - 10
2	Kekekalan bentuk	Tidak Retak	Tidak Retak
3	CaO + MgO aktif (setelah dikoreksi dengan SO <sub>3</sub> )	90	85
4	SO <sub>2</sub> maks berat	6	6

Sumber : SNI 03-6861.1-2002 (Badan Standarisasi Nasional, 2002)

Pada penelitian ini kapur yang digunakan adalah jenis kapur Tohor yang berasal dari daerah padalarang, Gunung Masigit. Kapur tohor merupakan hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) pada temperatur diatas 900°C terjadi proses kalsinasi dengan pelepasan gas CO<sub>2</sub> hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut *quick lime*. (Rahayu,2009:20).

Berikut ini merupakan reaksi kimia pada proses kalsinasi :



Kapur tohor juga dikenal dengan nama kalsium oksida (CaO) merupakan kristal basa, kaustik, zat padat putih pada suhu kamar. Istilah luas yang digunakan untuk kapur berkontasi bahan anorganik yang mengandung kalsium, yang meliputi karbonat, oksida dan hidroksida kalsium, silikon, magnesium, aluminium, dan besi mendominasi, seperti batu gamping. Sebaliknya kapur tohor atau kapur mentah adalah senyawa kimia tunggal. Kapur mentah harganya relative murah. Keduanya dan

turunan kimianya seperti kalsium hidroksida adalah zat kimia komoditas penting. (Nurjayanti,2002: 20)

Pemilihan bahan pengganti kapur tohor didasarkan pada kandungan kapur tohor yang tidak memiliki zat pemutih di dalamnya. Kapur yang dijual di pabrik dalam bentuk serbuk umumnya ditambahkan zat pemutih sehingga tidak lagi dalam kondisi alami. Sedangkan kapur tohor yang dijual dalam bentuk bongkahan tidak memiliki kemungkinan ditambahkan zat pemutih. Kandungan kapur tohor yang akan digunakan sebagai berikut :

**Tabel 2.8. Kandungan Kimia Kapur Tohor**

Unsur	Jumlah (%)
C	20
O	42,75
Si	0,54
Ca	36,72

Sumber : Hasil pengujian kandungan kimia dengan JED-2300 Laboratorium Fire and Engineering UNJ

## 2.2 Penelitian Relevan

Beberapa penelitian yang relevan diantaranya :

1. Agoes Soehardjono, Prastumi, Taufik Hidayat, Gagoek Soenar Prawito, Universitas Brawijaya dengan judul “ Pengaruh Penggunaan *Bottom ash* Sebagai Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kemampuan Resapan Air Struktur *Paving*” tahun 2013. *Bottom ash* yang digunakan

berasal dari PLTU Rembang dengan proporsi 0%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, dan 60% dari berat semen. Setiap variasi dibuat 10 benda uji. Dari hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan air disimpulkan bahwa penggunaan 25%,30%,35% dan 40% termasuk antara mutu A dan B. Penggunaan 45% termasuk mutu B. Proporsi 50%, 55%, dan 60% termasuk antara mutu C dan mutu D. Pada penelitian ini di sarankan untuk memvariasikan faktor air semen dan menambahkan kapur alami untuk menambahkan senyawa kalsium yang kurang pada *bottom ash*.

2. Evi Nurjayanti, Universitas Sebelas Maret dengan judul “Pengaruh Serbuk Kapur Karbonat Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Beton Normal Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan 1:2:3” pada tahun 2012. Penelitian ini digunakan variasi kapur karbonat sebesar 0%, 4%, 8%, 12%, 16% dan 20%. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil kuat tekan optimum pada variasi kapur karbonat 8% dengan kuat tekan sebesar 22,17 Mpa.
3. Mark Whittaker, Rachel Taylor, Qui Li, Shuangxin Li, *Journal Material in Civil Engineering* 15 dengan judul “*The Effect of Bottom ash as a Partial Cement Replacement*”. Pada tahun 2010. Penelitian ini menggunakan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan beton dengan persentase 10% dan 40%. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pada persentase 10% penggunaan *bottom ash* tidak berpengaruh dan pada persentase 40% penggunaan *bottom ash* menurunkan mutu beton.

4. Ade Hidayat, Universitas Negeri Jakarta dengan judul “Pengaruh Bahan Substitusi Batu Kapur Terhadap Mutu *Paving block*”, Pada Tahun 2004. Pada penelitian ini dilakukan substitusi semen dengan batu kapur dengan proporsi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% terhadap berat semen dengan perbandingan 1 semen: 4 pasir. Didapatkan hasil penelitian kuat tekan rata-rata dengan proporsi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% berturut-turut sebesar 283,358 Kg/cm<sup>2</sup>, 296,719 Kg/cm<sup>2</sup>, 302,23 Kg/cm<sup>2</sup>, 298,377 Kg/cm<sup>2</sup> dan 295,867 Kg/cm<sup>2</sup>. Penyerapan air rata-rata 11,9%, 8%, 6.06%, 4,57%, dan 3,54%. Ketahanan aus rata-rata 0,154 mm/menit, 0,096 mm/menit, 0,086 mm/menit, 0,082 mm/menit dan 0,089 mm/menit.

### 2.3 Kerangka Berpikir

*Paving block* atau bata beton merupakan bahan penutup tanah yang banyak digunakan. Bahan penyusun *paving block* berupa agregat, semen, dan air memiliki fungsi masing-masing. Semen merupakan salah satu bahan dasar pembuatan *paving block* yang saat ini penggunaannya semakin banyak dan harganya yang cukup mahal. Dikarenakan hal tersebut perlu dicari bahan pengganti yang memiliki kandungan kimia serupa dengan semen. *Bottom ash* atau abu dasar merupakan salah satu bahan yang memiliki kandungan kimia serupa dengan semen. Selain itu penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti semen dapat mengelola kembali limbah B-3 yang belum banyak digunakan. *Bottom ash* diketahui adalah hasil sisa pembakaran batu bara yang jumlahnya mencapai 250 ton/bulan pada PLTU Suralaya. Sementara *fly ash* sudah banyak digunakan sementara *bottom ash* tidak banyak digunakan. Menggunakan *bottom ash* sebagai

pengganti semen dapat menjadi alternatif karena dapat mengurangi penggunaan semen, memiliki harga bahan yang murah karena merupakan limbah yang banyak dihasilkan, dan dapat mengurangi limbah B3 dengan menggunakannya kembali.

*Bottom ash* kaya akan kandungan silikon, kalsium, aluminium dan besi. Namun terdapat kekurangan kadar kimia *bottom ash* pada bagian kalsium yang tidak dapat disetarakan dengan semen. Oleh karena itu digunakan kapur agar campuran dari *bottom ash* dan kapur diharapkan dapat menggantikan sebagian semen karena kapur memiliki kandungan kalsium yang mampu menambahkan kandungan kalsium *bottom ash* yang belum setara. Proporsi yang direncanakan adalah 0%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dengan perbandingan *bottom ash* dan kapur sebesar 1:4. Diambil perbandingan 1:4 karena diharapkan jumlah kandungan CaO dapat meningkat sehingga *paving block* hasil penelitian ini dapat mencapai mutu B sesuai SNI nomor 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*). Mutu B diambil sebagai batas yang ingin dicapai pada penelitian ini karena berdasarkan penelitian relevan, penggunaan *bottom ash* dapat menghasilkan mutu B pada 4 variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 25%, 30%, 35% dan 40%. Dalam penelitian ini akan dijelaskan hasil dari setiap pengujian secara deskriptif. Sehingga dapat diketahui apakah *paving block* yang dihasilkan sesuai dengan SNI 03-0691-1996 dan dapat diketahui mutu *paving block* yang dihasilkan.

## 2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan deskripsi teori dan kerangka berpikir diatas dapat diduga bahwa : penggunaan *bottom ash* dan kapur dengan persentase 0%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dapat membuat *paving block* mencapai mutu A sesuai dengan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Unit Pengelola Penyelidikan Pengujian dan Pengukuran Bina Marga, Jl. DI Panjaitan Kav.583 Cawang Jakarta Timur dan Balai Uji Unit Industri dan Barang Teknik Dinas Perindustrian, Jl. Letjen Suprpto Kav.3 Cempaka Putih. Pembuatan *paving block* akan dilakukan di Pabrik Sinar Makmur, Cilangkap Jakarta Timur. Dalam penelitian ini *bottom ash* diambil dari PLTU Suralaya, Pulo Merak, Banten. Dan kapur didapatkan dari PD.Surya Jaya Mineral Industri di Jln. Raya Padalarang Cianjur No.95, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat yang berasal dari Gunung Masigit dan Gunung Bancana waktu penelitian Oktober 2016 – Januari 2017.

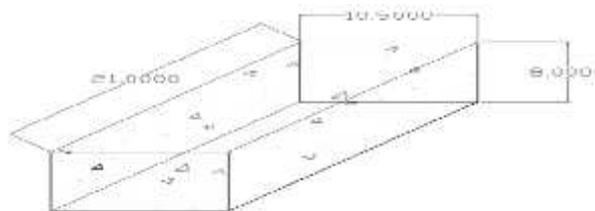
#### **3.2 Populasi dan Sampel Penelitian**

##### **3.2.1 Populasi**

Populasi pada penelitian ini adalah *paving block* yang menggunakan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan presentase 0%, 25%, 30%, 35%, 40% dan 45% masing-masing 20 buah.

### 3.2.2 Sampel

Sampel adalah sebagian atau wakil dari populasi yang akan diteliti. Sampel pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 6 sesuai dengan perlakuannya, masing-masing 20 buah benda uji dengan ukuran benda uji yang akan dibuat adalah 21cm x 10,5cm x 8 cm.



**Gambar 3.2. Bentuk Sampel *Paving block***

**Tabel 3.1. Sampel Persentase Kadar Semen, *Bottom ash* dan Kapur**

No	Perlakuan	Persentase Campuran			Jumlah
		<i>Bottom ash</i>	Kapur	Semen	
1	A	20%	5%	75%	20
2	B	24%	6%	70%	20
3	C	28%	7%	65%	20
4	D	32%	8%	60%	20
5	E	36%	9%	55%	20

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1 Semen yang digunakan adalah semen *portland* Tipe I dengan kemasan 50kg

- 2 Pasir yang digunakan adalah pasir yang terdapat pada pabrik pembuatan *paving block* yang berasal dari Cimangkok dengan kondisi SSD dan berat jenis 2,662 n/m<sup>3</sup>
- 3 Air dari PAM.
- 4 *Bottom ash* yang digunakan berasal dari PLTU Suralaya, Pulo Merak, Banten
- 5 Kapur yang digunakan adalah Kapur Tohor yang berasal dari PD.Surya Jaya Mineral Industri di Jln. Raya Padalarang Cianjur No.95, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat yang berasal dari Gunung Masigit dan Gunung Bancana

### 3.5.2 Alat

Alat atau instrument yang dipergunakan adalah peralatan uji bahan, yaitu:

1. Seperangkat alat ukur (mistar, meteran, timbangan dengan ketelitian  $\pm 0,01$ )
2. Saringan ukuran lubang 6mm untuk uji lolos butiran pasir.
3. Mesin press hidrolik pembuatan benda uji *paving block* dengan cetakan 21 cm x 10,5 cm x 8 cm, serta mempunyai kuat tekan 1000 psi (6,89 MPa) dalam waktu 3 detik.
4. Alat pemotong *paving block*, untuk memotong *paving block* menjadi sebelum diuji kuat tekan.
5. Alat untuk menguji kuat tekan yang telah dikalibrasi dan dilengkapi dengan daftar isian.

6. Seperangkat alat untuk menguji kuat aus yang telah dikalibrasi dan dilengkapi dengan daftar isian.
7. Wadah kaca untuk menguji dan mencampur natrium sulfat.
8. Stopwatch untuk mengatur waktu uji ketahanan aus.
9. Seperangkat alat untuk pengujian berat jenis *paving block*.
10. Seperangkat alat pencatat hasil pengamatan dan percobaan sebagai alat bantu pengumpulan data.

### **3.4 Prosedur Penelitian**

#### **3.4.1 Tahap Persiapan**

Bahan-bahan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu seperti *bottom ash*, kapur tohor, semen, agregat halus dan air.

#### **3.4.2 Tahap Pemeriksaan Bahan**

Pemeriksaan bahan dilakukan untuk mengetahui sifat bahan seperti dibawah ini:

##### **3.4.1.1.Semen**

Pengujian ini menggunakan semen tipe I dan dilakukan sesuai SNI 15-7064-2004.

### 3.4.1.2. Agregat halus

1. Pemeriksaan zat organik dalam pasir

Bertujuan untuk menentukan adanya kandungan bahan organik dalam pasir yang dapat mempengaruhi kualitas *paving block* dilakukan sesuai dengan SNI 03-1755-1990.

2. Pengujian kadar air pasir sesuai SNI 03-1971-1990
3. Pengujian kadar lumpur pasir sesuai dengan SNI 03-1753-1990
4. Pengujian gradasi pasir sesuai dengan SNI 03-1968-1990
5. Pengujian spesifik *gravity* dan penyerapan air pasir sesuai dengan SNI 03-1970-1990

### 3.4.1.3. Air

Air yang digunakan adalah air PAM sehingga tidak dilakukan pengujian.

### 3.4.3 Tahap Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 8 cm dengan menggunakan mesin press hidrolik. Pembuatan benda uji *paving block* menggunakan perbandingan semen : pasir = 1:4, dengan ketentuan:

1. Kelompok N, dengan komposisi normal [0% *bottom ash* dan kapur +100% semen] : 4 pasir
2. Kelompok A, dengan komposisi [(25% yang terdiri dari: 18,75% *bottom ash*+ 6,25%kapur) + 70% semen] : 4 pasir
3. Kelompok B, dengan komposisi [(30% yang terdiri dari: 22,5% *bottom ash*+ 7,5% kapur) + 70% semen] : 4 pasir

4. Kelompok C, dengan komposisi [(35% yang terdiri dari: 26,25% *bottom ash*+ 8,75% kapur) + 65% semen] : 4 pasir
5. Kelompok D, dengan komposisi [(40% yang terdiri dari: 30%*bottom ash*+ 10% kapur) + 60% semen] : 4 pasir
6. Kelompok E, dengan komposisi [(45% yang terdiri dari: 33,75% *bottom ash*+ 11,25% kapur) + 55% semen] : 4 pasir

Perbandingan antara *bottom ash* dan kapur adalah 1:4. Dimana jumlah masing-masing kelompok adalah 20 buah ( 5 buah benda uji untuk tes kuat tekan dan 5 benda uji untuk tes penyerapan air, 1 buah untuk uji ketahanan aus, 2 buah untuk uji natrium sulfat), sehingga total *paving block* yang dibuat adalah 120 buah. Ukuran yang dibuat adalah 21 cm x 10,5 cm x 8 cm. Tahap pembuatan benda uji sebagai berikut:

### **1. Menyiapkan bahan penyusun *paving block***

Menimbang bahan-bahan penyusun *paving block* yaitu semen, pasir, *bottom ash*, kapur dan air dengan berat yang telah ditentukan dalam perencanaan campuran. Mempersiapkan cetakan *paving block* dan peralatan lain yang dibutuhkan.

### **2. Pengadukan campuran *paving block***

Masukkan air 70% dari air yang dibutuhkan dengan faktor air semen 0,5 ke mesin pengaduk kemudian masukkan semen, pasir, *bottom ash*, kapur dengan proporsi campuran 0%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari berat semen. Sisa air dimasukkan sedikit demi sedikit dalam jangka waktu  $\pm 3-5$  menit. Pengadukan dilakukan satu kali untuk setiap proporsi campuran dan

dilakukan pemeriksaan tingkat kelembaban campuran agar benda uji menyatu pada saat dicetak.

### **3. Pencetakan *paving block***

Adukan *paving block* dimasukkan cetakan. Adukan diisi hingga penuh kemudian di getarkan dan kemudian di press. Permukaan *paving block* kemudian diratakan apabila terdapat permukaan yang tidak rata. *Paving block* disusun dengan menggunakan papan sebagai alas terlebih dahulu hingga *paving block* agak mengeras (6 jam).

### **4. Pemeliharaan *paving block***

*Paving block* yang telah selesai dicetak, didiamkan terlebih dahulu pada suhu ruangan selama 24 jam. Kemudian *paving block* disiram pagi dan sore selama 3 hari kemudian dibawa ke laboratorium. *Paving block* kemudian direndam dalam air selama 28 hari.

#### **3.4.4 Tahap Pengujian Benda Uji**

Pengujian yang akan dilakukan menggunakan SNI 03-0691-1996 sebagai standar pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

##### **3.4.4.1. Uji sifat tampak**

*Paving block* harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Hal ini dapat diperiksa dengan pengamatan yang teliti. *Paving block* disusun diatas permukaan yang rata sebagaimana pada pemasangan yang sebenarnya.

#### **3.4.4.2. Uji ukuran**

*Paving block* harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi +8%. Digunakan peralatan *caliper* atau sejenisnya dengan ketelitian 0,1 mm. pengukuran tebal dilakukan terhadap 3 tempat yang berbeda dan diambil nilai rata-rata. Pengujian dilakukan terhadap 10 buah benda uji.

#### **3.4.4.3. Kuat tekan**

Pengujian kuat tekan melalui prosedur sebagai berikut:

1. Ambil 10 buah contoh uji masing-masing dipotong berbentuk kubus dengan ukuran yang disesuaikan dengan ketebalan yaitu 8cm x 8 cm x 8 cm dan rusuk-rusuknya disesuaikan dengan ukuran benda uji.
2. Benda uji yang telah dipotong kemudian diukur menggunakan peralatan kapiler dan sejenisnya dengan ketelitian 0,1mm.
3. Benda uji di masukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110°C.
4. Benda uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit. Arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakaiannya.
5. Kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$k_u \quad t_e. = \frac{P}{L}$$

Keterangan :

P = Beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

#### **3.4.4.4. Ketahanan Aus**

Ketahanan aus melalui prosedur sebagai berikut :

1. Ambil lima buah benda uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x 50 mm dan tebal 20 mm (untuk pengujian ketahanan aus).
2. Sisa dari pemotongan dibuat benda uji persegi dengan ukuran 50mm x 20 mm dan 20 mm (untuk penentuan berat jenis yang akan digunakan pada perhitungan ketahanan aus)
3. Benda uji yang akan digunakan untuk aus dan berat jenis dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110° selama 24 jam.
4. Penandaan berat jenis disesuaikan dengan penandaan pada benda uji aus.
5. Mesin aus yang dipergunakan, cara-cara mengaus dan mencari berat jenis disesuaikan dengan SNI 03-0028-1987, cara uji ubin semen. Berikut ini merupakan tata cara ubin semen berdasarkan SNI 03-0028-1987:
  - a. Penentuan berat jenis (benda uji persegi dengan ukuran kurang dari 20 mm). Benda uji dibersihkan kemudian dikeringkan sampai berat tetap lalu ditimbang sampai ketelitian 1 mg. Kemudian dihitung berat jenis dari

benda uji (Bj) dengan menghitung volume dari benda uji dan berat benda uji. Kemudian hitung berat jenis dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat Jenis} = \text{Massa} / \text{Volume}$$

- b. Benda uji diukur dan ditimbang, kemudian diletakkan di dalam mesin pengaus yang telah diberi beban tambahan untuk menekan benda uji dan bahan pengaus yaitu pasir kuarsa.
- c. Mesin pengaus dijalankan selama 2,5 menit kemudian benda uji diputar 180°. Pengujian dilakukan selama 5 menit (w).
- d. Selama pengausan berlangsung diperhatikan apakah benda uji rusak atau serpih.
- e. Benda uji yang tidak rusak selama pengausan dibersihkan dengan kuas dan ditimbang dengan ketelitian 10 mg.
- f. Catat hasil penimbangan dan hitung selisih berat benda uji sebelum dan sesudah diaus (A).
- g. Ketahanan Aus masing-masing benda uji dihitung sebagai berikut:

$$\text{Ketahanan Aus} = \frac{A \times 10 \times 1.222}{Bj \times l \times w} \text{ mm/me}$$

Keterangan:

A = selisih berat benda uji sebelum dan setelah di Aus.

Bj = berat jenis benda uji

l = luas permukaan bidang aus (cm<sup>2</sup>)

w = waktu pengausan (menit)

1.222 = koefisien mesin uji aus yang digunakan

- h. Hitung ketahanan aus rata-rata (jumlah dari nilai aus tiap benda uji dibagi dengan jumlah benda uji yang diaus) dinyatakan dalam mm/menit.

#### **3.4.4.5. Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat**

Pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat dengan prosedur sebagai berikut :

1. Dua buah benda uji utuh (bekas pengujian ukuran) dibersihkan dari kotoran-kotoran yang melekat, kemudian dipotong dengan ukuran 50mm x 50 mm x 10 mm, keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110)°C hingga berat tetap, lalu didinginkan dalam eksikator.
2. Larutkan natrium sulfat dengan proporsi 1 liter aquades di campurkan dengan 282 gram natrium sulfat sesuai dengan SOP laboratorium yang berlaku.
3. Setelah dingin ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram, kemudian direndam dalam larutan jenuh garam natrium sulfat selama 16 sampai dengan 18 jam, setelah itu diangkat dan didiamkan dulu agar cairan yang berlebihan meniris
4. Selanjutnya benda uji dijemur agar terkena cahaya matahari selama 30 menit.
5. Benda uji dimasukkan kembali kedalam wadah yang berisi larutan jenuh natrium sulfat selama 16 sampai 18 jam.
6. Ulangi perendaman dan pengeringan sampai 5 kali berturut-turut.
7. Pada pengeringan yang terakhir, benda uji dicuci sampai tidak ada lagi sisa sisa garam sulfat yang tertinggal.
8. Untuk mengetahui bahwa tidak ada lagi garam sulfat yang tertinggal, larutan pencucinya dapat diuji dengan larutan BaCl<sub>2</sub>.

9. Untuk mempercepat pencucian dapat dilakukan pencucian dengan air panas bersuhu kurang lebih 40-50°C
10. Setelah pencucian sampai bersih, benda uji dikeringkan dalam dapur pengering sampai berat tetap ( $\pm 2-4$  jam), didinginkan dalam eksikator. Kemudian ditimbang lagi sampai ketelitian 0,1 gram.
11. Di samping itu diamati keadaan benda uji apakah setelah perendaman dalam larutan garam sulfat terjadi atau nampak adanya retakan, gugusan atas cacat-cacat lainnya.
12. Laporkan keadaan setelah perendaman itu dengan kata-kata:
  - Baik/tidak cacat, bila tidak nampak adanya retak-retak atau perubahan lainnya
  - Cacat/retak-retak, bila nampak adanya retak-retak (meskipun kecil), rapuh, dan gugus dan lain-lain.
13. Apabila selisih penimbangan sebelum perendaman dan setelah perendaman tidak lebih besar dari 1% dan benda uji tidak cacat maka dinyatakan benda-benda uji tadi baik. Bila selisih penimbangan dari 2 diantara 3 benda uji tadi lebih besar dari 1%, sedangkan benda ujinya baik (tidak cacat) dinyatakan bahwa benda uji secara keseluruhan menjadi cacat.

#### **3.4.4.6. Penyerapan air**

Pengujian penyerapan air menggunakan prosedur sebagai berikut:

1. Lima buah benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh (24 jam), pada suhu kurang lebih 110°C sampai beratnya dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,5% penimbangan yang terdahulu

2. Penyerapan air dihitung sebagai berikut :

$$A_{ii} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat *paving block* basah

B = Berat *paving block* kering

### 3.5 Metode Penelitian

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium dengan benda uji *paving block* yang menggunakan *bottom ash* dan kapur dengan perbandingan terhadap berat semen.

### 3.6 Perlakuan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian berdasarkan SNI 03-0691-1996, dengan perlakuan sebagai berikut :

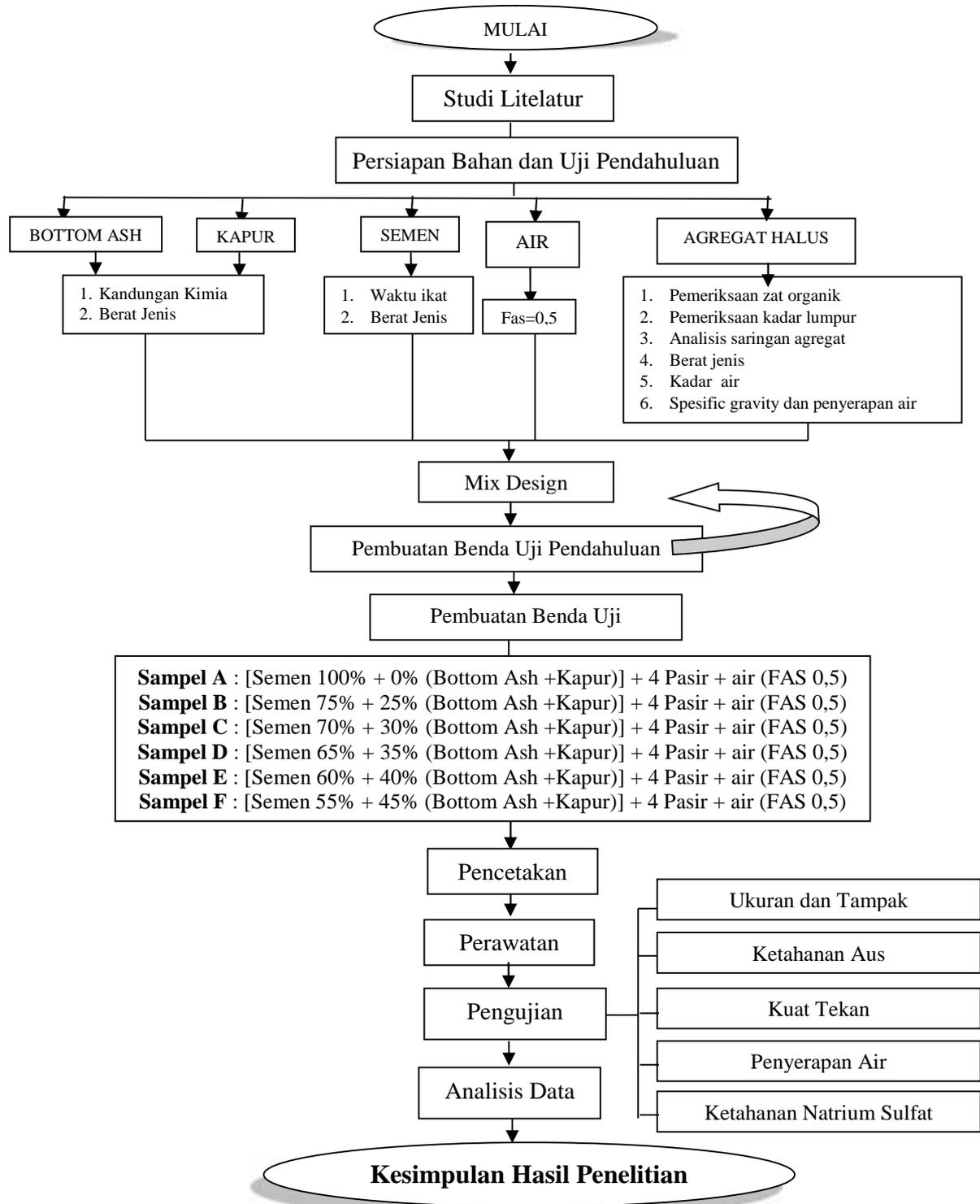
**Tabel 3.2 Jumlah Sampel Uji Berdasarkan SNI 03-0691-1996**

No	Perlakuan	Jumlah Sampel Utuh (buah) dan Ukuran Sampel (cm)				
		Uji Ukuran dan Sifat Tampak	Uji Tekan	Uji Ketahanan aus	Uji Penyerapan Air	Uji Ketahanan Natrium Sulfat
	Dimensi (cm)	(21x10,5x6)	(6x6x6)	(5x5x2)	(21x10,5x 6)	(5x5x1)
1	A	10	5	5	5	2
2	B	10	5	5	5	2
3	C	10	5	5	5	2
4	D	10	5	5	5	2
5	E	10	5	5	5	2

### 3.7 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisa statistik deskriptif. Bambang Suryoatmono (2004:18) menyatakan statistika deskriptif adalah statistika yang menggunakan data pada suatu kelompok untuk menjelaskan atau menarik kesimpulan mengenai kelompok itu saja. Statistik Deskriptif dapat dinyatakan dengan frekuensi, mode, mean dan keragaman (*variability*). Pada penelitian ini akan dilakukan statistika deskriptif dengan menggunakan mean (nilai rata-rata) tiap variasi campuran dan tiap jenis pengujian yang akan dijelaskan dalam bentuk tabel dan grafik.

### 3.8 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### 4.1 Pengujian Awal Bahan

Hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap benda uji *paving block* dengan perlakuan sebagai berikut:

1. Kelompok N, *Paving block* tanpa menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur.
2. Kelompok A, *paving block* menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 25% dari berat semen yang digunakan.
3. Kelompok B, *paving block* menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 30% dari berat semen yang digunakan.
4. Kelompok C, *paving block* menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 35% dari berat semen yang digunakan.
5. Kelompok D, *paving block* menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 40% dari berat semen yang digunakan.
6. Kelompok E, *paving block* menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 45% dari berat semen yang digunakan.

Sebelum melakukan penelitian dilakukan pengujian awal pada bahan-bahan yang akan digunakan. Hasil pengujian awal dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan 4.3 berikut ini :

**Tabel 4.1 Pengujian Awal Bahan Agregat Halus**

No	JENIS PENGUJIAN	HASIL	SYARAT	METODE UJI
1	Berat jenis kering oven	2.613		SNI 1970:2008
2	Berat jenis kering permukaan (jenuh)	2.662		SNI 1970:2008
3	Berat jenis semu	2.748		SNI 1970:2008
4	Penyerapan air (%)	1.88		SNI 1970:2008
5	Bobot isi dan rongga udara Kg/dm <sup>3</sup>	1.478		SNI 03-4804-1998
6	Kepekaan terhadap asam		negatif	
7	Analisa saringan % melalui ayakan:		Daerah Gradasi 2	SNI-1968-1990
8	Bahan plastis setara dengan pasir	73.33	Min. 50	SNI 03-2417-1991
	Bahan yang lolos saringan No.200, %	5.20%	Max. 5	SNI 03-4142-1996
	Kadar zat organik	3	No. 3 (Max)	SNI 03-1742-1989

**Tabel 4.2 Pengujian Awal Semen**

No	JENIS PENGUJIAN	HASIL	SYARAT	METODE UJI
1	Berat jenis	3.15		SNI: 7064:2004
2	Waktu ikat awal dengan alat vicat	49	Min. 45 menit	SNI 15-2049-2004
3	Waktu ikat awal dengan alat vicat	356	Maks. 375 menit	SNI 15-2049-2004

**Tabel 4.3 Pengujian Awal Gradasi *Bottom ash***

Analisa saringan % melalui ayakan:	Persentase lolos (%)
No. 4	100
8	98.12
16	90.35
30	89.17
50	88.23
100	85.34
200	80.43

Berdasarkan tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.3, mengenai pengujian awal pada bahan yang akan digunakan sebagai penyusun *paving block* dapat diketahui bahwa bahan tersebut lolos uji SNI sesuai dengan jenis bahan yang digunakan sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan penyusun *paving block*.

#### 4.2 Rancangan Campuran *Paving block*

Rancangan campuran *paving block* dilakukan dengan menggunakan data hasil pengujian awal bahan penyusun yang telah dilakukan. Dimana bahan bahan tersebut akan digunakan untuk membuat *paving block* yang akan dikualifikasikan mutu nya berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang *paving block*. Perbandingan campuran 1 semen : 4 pasir. FAS yang dipergunakan adalah 0,5 mengikuti penelitian relevan yang dipergunakan.

**Tabel 4.4 Proporsi Campuran**

Kelompok Campuran	Kebutuhan Bahan (kg) (1m <sup>3</sup> )				
	Pasir	Semen	<i>Bottom ash</i>	Kapur	Air
N (Normal)	2190.35	433.87	0.00	0.00	152.51
A (25%)	2190.35	283.68	80.07	28.60	152.51
B (30%)	2190.35	264.77	96.08	34.32	152.51
C (35%)	2190.35	245.85	112.10	40.4	152.51
D (40%)	2190.35	226.94	128.11	45.75	152.51
E (45%)	2190.35	208.03	144.13	51.47	152.51

### **4.3 Pembuatan Benda Uji**

Setelah proporsi campuran dibuat kemudian akan dilakukan pembuatan benda uji awal masing-masing 1 buah untuk setiap kelompok uji. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa campuran yang direncanakan dapat dipergunakan untuk pembuatan benda uji. Pada tahap pencampuran bahan digunakan mesin pengaduk yang terpisah untuk setiap kelompok uji. Setiap pengadukan menggunakan ukuran sesuai proporsi campuran yang telah direncanakan. Kemudian campuran di cetak dan di press menggunakan mesin press yang berisi 4 cetakan *paving block* sesuai dengan urutan kelompok N,A,B,C,D,dan E yaitu sesuai presentase penggunaan *bottom ash* dan kapur yaitu 0%,25%, 30%, 35%, 40%, dan 45%.

### **4.4 Perawatan**

Setelah benda uji selesai dibuat, benda uji dibiarkan dan disusun dengan menggunakan papan sebagai dasar tepat meletakkan benda uji. Benda uji diletakkan di tempat yang teduh dan tidak langsung terkena cahaya matahari untuk kemudian disiram pada pagi dan sore hari selama 3 hari. Kemudian benda uji dapat dipindahkan ke kolam laboratorium untuk direndam selama 28 hari untuk kemudian dilakukan pengujian.

## 4.5 Hasil dan Pembahasan Pengujian *Paving block*

### 4.5.1. Data Hasil Pengujian

Hasil Pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini:

**Tabel 4.5 Hasil Pengujian**

SAMPEL	Ukuran (mm)			Berat (gr)	Penyerapan Air (%)	Ketahanan Aus (mm/menit)	Natrium Sulfat (% )	Kuat Tekan (Mpa)	
	P	L	T						
N	N1	212.4	107	75.8	2.675	7.333	0.124	0.927	22.135
	N2	211.2	106.4	77.4	2.765	4.331	0.113	0.557	21.292
	N3	211.4	107.8	77	2.618	4.397	0.141		22.211
	N4	211.7	107.6	77.9	2.675	7.792	0.186		21.452
	N5	212.9	106.4	77.4	2.655	7.364	0.140		19.722
	N6	211.4	106.7	77.74	2.618				21.949
	N7	211.2	102.3	77.4	2.613				20.532
	N8	211.4	107.8	75	2.722				18.607
	N9	211.7	107.6	77.9	2.668				19.895
	N10	212.9	107	77.4	2.632				20.252
E	E8	211.5	107	76.9	2.522				10.305
	E9	210	106.6	76.4	2.527				9.114
	E10	210	101.7	77	2.475				9.591
A	A1	210.5	107	75.8	2.622	4.478	0.180	0.642	22.163
	A2	210.4	106.4	77.4	2.62	2.897	0.114	0.737	22.244
	A3	212.7	107.8	75	2.642	3.856	0.155		22.588
	A4	211.9	107.6	77.9	2.675	3.409	0.159		22.701
	A5	211.7	106.4	77.4	2.665	4.828	0.121		18.964
	A6	212.4	106.7	77.74	2.618				19.796
	A7	211.2	106.3	77.6	2.613				19.011
	A8	211.4	105.6	78.6	2.622				18.631
	A9	211.7	107.3	76.6	2.668				19.895
	A10	212.9	107	76.2	2.632				20.634
B	B1	217.6	108	77.4	2.665	3.304	0.219	0.658	20.634
	B2	218.2	108.3	78.2	2.642	2.254	0.100	0.557	23.574
	B3	213	109	77.3	2.682	7.460	0.191		21.566
	B4	214.7	107.2	77	2.663	6.229	0.146		20.696
	B5	213.5	107.4	77.9	2.652	7.473	0.140		21.862
	B6	214.6	107.5	79	2.702				17.447
	B7	210.2	107	79	2.734				19.034
	B8	212.3	107.2	79.5	2.692				20.202

Tabel 4.5b Hasil Pengujian (lanjutan)

SAMPSEL	Ukuran (mm)			Berat (gr)	Penyerapan Air (%)	Ketahanan Aus (mm/menit)	Natrium Sulfat (% )	Kuat Tekan (Mpa)	
	P	L	T						
	B9	214.9	108.4	78.5	2.678			19.394	
	B10	212.6	106.2	78.2	2.672			18.533	
C	C1	211.6	106.4	78	2.689	9.261	0.086	0.589	15.228
	C2	212.6	106.4	77	2.68	7.073	0.111	0.941	14.828
	C3	211.4	106.5	78.2	2.533	5.490	0.169		15.851
	C4	211.2	107.6	78.9	2.539	7.197	0.141		9.228
	C5	212.2	106.7	78.7	2.646	7.893	0.129		18.818
	C6	212.4	107	79	2.508				18.365
	C7	211.3	106.7	77	2.572				16.161
	C8	211.6	106	75.7	2.402				15.285
	C9	210.7	107	77.6	2.573				14.730
	C10	210.5	107	77.6	2.581				15.628
D	D1	213.7	108	78.5	2.628	7.769	0.176	0.818	14.144
	D2	211.5	106.4	78.1	2.672	7.867	0.141	0.716	6.956
	D3	212	107.7	70	2.625	7.937	0.306		8.750
	D4	210.3	108.2	77	2.71	7.933	0.057		13.982
	D5	212.7	107.8	77.6	2.708	7.644	0.096		11.594
	D6	213.7	110	76.6	2.713				9.171
	D7	214.6	107.6	76.6	2.752				13.739
D	D8	209	106.2	70.4	2.715				11.478
	D9	210.8	107	70	2.62				10.766
	D10	211	106.6	77.4	2.51				7.661
E	E1	210.4	107.2	77	2.583	7.168	0.201	0.867	11.210
	E2	211.4	107	76.4	2.532	8.752	0.299	0.926	8.756
	E3	210.4	105.7	78.5	2.56	13.636	0.302		9.194
	E4	211.5	107.9	77	2.525	9.467	0.158		10.528
	E5	211.4	108.7	77.3	2.453	11.255	0.193		8.428
	E6	211.6	106.8	77.1	2.572				9.091
	E7	211.5	106.8	77.4	2.541				8.616
	E8	211.5	107	76.9	2.522				10.305
	E9	210	106.6	76.4	2.527				9.114
	E10	210	101.7	77	2.475				9.591

## 4.5.2. Deskripsi Hasil Pengujian

### 4.5.2.1 Pengujian Tampak dan Ukuran

Hasil pengujian pengukuran *paving block* pada tiap kelompok uji adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.6. Ukuran *Paving block***

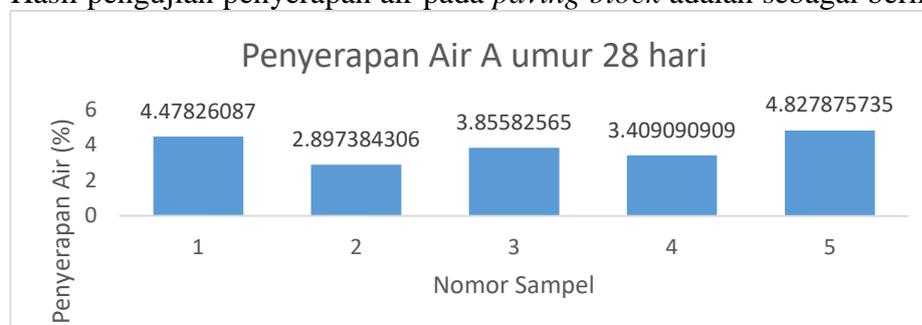
Kelompok Uji	Ukuran Contoh rata-rata (mm)			Berat (kg)
	Panjang	Lebar	Tebal	
N	211.00	106.31	77.03	2.52
A	210.94	105.96	76.99	2.53
B	210.84	105.84	76.97	2.52
C	210.75	105.71	76.91	2.52
D	210.64	105.52	76.92	2.52
E	210.73	105.37	76.99	2.51

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dengan menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan *paving block* dengan rata-rata penyimpangan ukuran panjang sebesar 0.83 mm, lebar 0,87 mm, dan tebal 3,04 mm dari ukuran yang ditetapkan pada pembatasan masalah yaitu 210 mm x 105 mm x 80 mm.

### 4.5.2.2 Pengujian Penyerapan Air

#### 4.5.2.2.1. Deskripsi Hasil Kelompok Uji

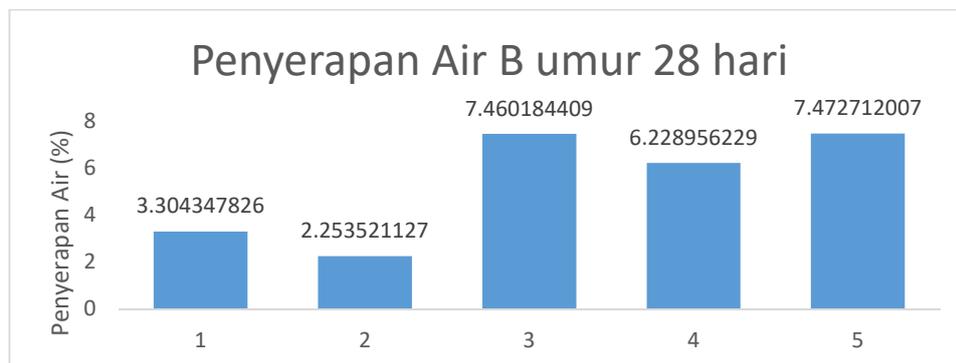
Hasil pengujian penyerapan air pada *paving block* adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.1 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis A**

Pada histogram diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan dan kenaikan secara berurutan. Benda uji yang diambil untuk penyerapan air memiliki sifat fisik yang rata-rata seragam. Perbedaan volume benda uji tidak terlalu besar berdasarkan hasil pengujian. Maksimal nilai penyerapan air (4.478%) dan minimal penyerapan air (2,897%) memiliki perbedaan 1,54%. Hal ini diduga diakibatkan oleh perbedaan berat akibat rongga yang terdapat dalam benda uji. Semakin banyak rongga yang terdapat dalam benda uji maka berat awal dari benda uji semakin kecil dan berat basah benda uji akan semakin besar karena air akan mengisi rongga yang terdapat pada benda uji. Tahap pencetakan *paving block* yang menggunakan mesin manual menyebabkan perbedaan tingkat tekanan yang diterima oleh benda uji sehingga hasil uji menjadi tidak seragam.

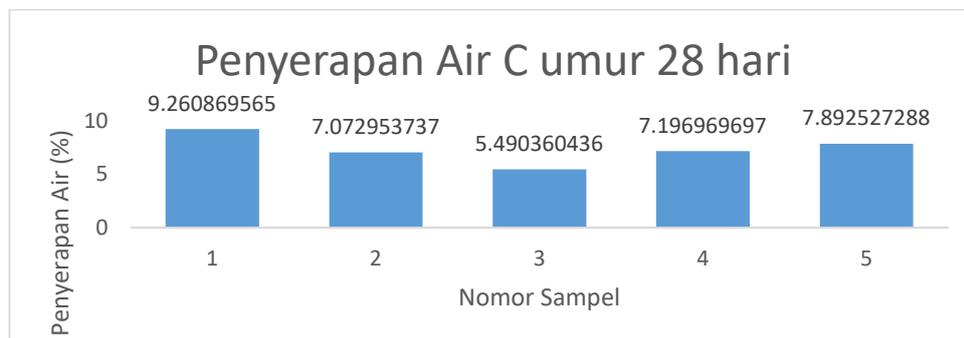
Hasil pengujian penyerapan air jenis A menunjukkan nilai penyerapan air rata-rata maksimal adalah 3,89 % dimana nilai tersebut berada di atas nilai penyerapan air mutu A sehingga benda uji jenis A berdasarkan penyerapan air tergolong dalam mutu B. Terdapat 4 benda uji yang termasuk dalam mutu B, secara berturut-turut benda uji 1(4.478%), 3(3.855%), 4(3.409), dan 5(4.827%). Sedangkan benda uji 2(2,897%) termasuk pada mutu A. Sehingga benda uji jenis A dapat digolongkan sebagai mutu B berdasarkan penyerapan airnya.



**Gambar 4.2 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis B**

Terdapat 3 benda uji yang berada diatas nilai yang disyaratkan untuk mutu B yaitu benda uji 3 (7.460%), benda uji 4 (6.228%) dan benda uji 5 (7.472%) sedangkan benda uji 1 (3.304%) berada dalam mutu B dan benda uji 2(2.253%) berada dalam mutu A. Hasil pengujian penyerapan air jenis B menunjukkan nilai penyerapan air rata-rata 5,34 % dimana nilai tersebut berada di bawah nilai rata-rata maksimal yang disyaratkan untuk mutu B yaitu 6% sehingga benda uji jenis B termasuk dalam mutu B berdasarkan penyerapan airnya.

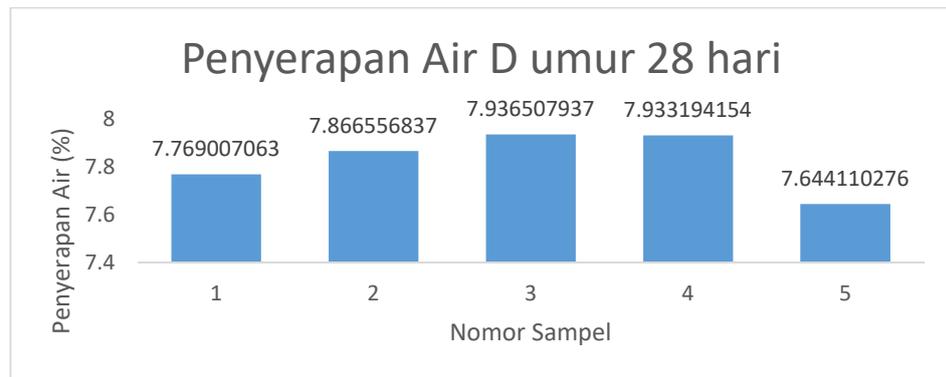
Nilai hasil penyerapan yang bervariasi dapat disebabkan oleh perbedaan berat. Hal yang mempengaruhi berat dari benda uji adalah volume dan pepadatan pada saat pencetakan. Tidak terdapat perbedaan volume yang besar diantara benda uji. Sehingga perbedaan nilai dari benda uji dapat disebabkan oleh pepadatan yang kurang baik saat pencetakan karena menggunakan mesin press manual yang memiliki kemungkinan perbedaan waktu penekanan saat pencetakan ataupun perbedaan tekanan yang diberikan.



**Gambar 4.3 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis C**

Terdapat kenaikan dan penurunan pada histogram diatas. Benda uji 1 (9.260%), benda uji 2 (7.072%), benda uji 4 (7.196%), dan benda uji 5 (7.892%) memiliki nilai penyerapan air dibawah 8% sehingga digolongkan pada mutu C. Hasil pengujian penyerapan air jenis C menunjukkan nilai penyerapan air rata-rata 7,38 % dimana nilai tersebut berada di bawah nilai rata-rata maksimal yang disyaratkan untuk mutu C yaitu 8%.

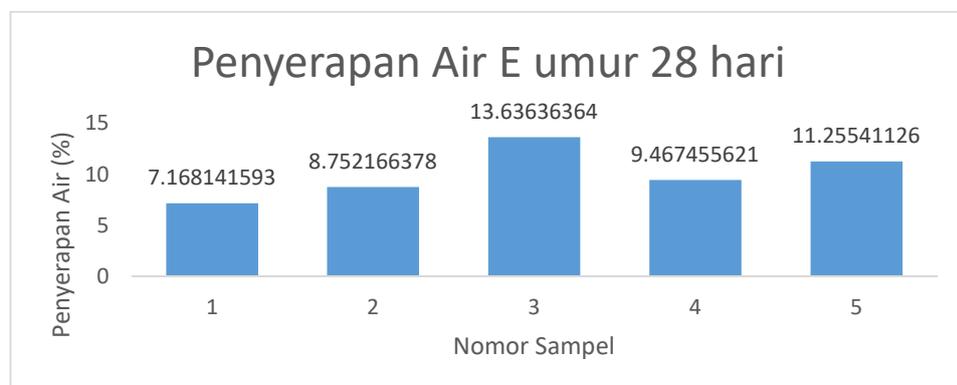
Perbedaan nilai penyerapan air antara nilai maksimal benda uji jenis C (9.260%) dengan nilai minimal benda uji jenis C (5.490%) adalah 3.77%. Hasil uji yang tidak seragam diakibatkan oleh perbedaan berat benda uji dan volume. Perbedaan berat benda uji dan volume benda uji bergantung pada baik atau tidaknya tahap pencetakan benda uji. Kemungkinan terjadinya banyak rongga didalam benda uji dapat menyebabkan penyerapan air menjadi besar.



**Gambar 4.4 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis D**

Hasil pengujian penyerapan air jenis D menunjukkan nilai penyerapan air rata-rata 7,82 % dimana nilai tersebut berada di bawah nilai rata-rata maksimal yang disyaratkan untuk mutu C yaitu 8%. Seluruh benda uji memiliki nilai berkisar pada  $\pm 7\%$ . Sehingga benda uji jenis D termasuk dalam mutu C berdasarkan penyerapan airnya.

Berbeda dengan jenis lain, benda uji jenis D memiliki nilai penyerapan air yang seragam. Nilai penyerapan air benda uji jenis D berkisar pada  $\pm 7\%$ . Berat dan volume benda uji memiliki keseragaman sehingga hasil penyerapan air memiliki nilai yang tidak bervariasi.



**Gambar 4.5 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Jenis E**

Nilai penyerapan air benda uji 3 (13.636%) dan benda uji 5 (11.255%) dapat digolongkan sangat besar karena melebihi penyerapan air yang di syaratkan. Nilai penyerapan air kedua benda uji menyebabkan nilai rata-rata benda uji jenis E menjadi besar. Hasil pengujian penyerapan air jenis E menunjukkan nilai penyerapan air rata-rata 10,05 % dimana nilai tersebut berada di atas nilai rata-rata maksimal yang disyaratkan untuk mutu D yaitu 10%. Sehingga penyerapan air melewati batas maksimal yang dipergunakan untuk standar mutu *paving block*. Hal ini terjadi dikarenakan oleh variasi hasil penyerapan air. 3 benda uji memiliki nilai dibawah batas maksimal penyerapan air. Tetapi dikarenakan 2 benda uji lainnya memiliki nilai yang besar maka nilai rata-rata jenis uji E melebihi batas penyerapan air. Nilai penyerapan yang berbeda terjadi karena perbedaan berat benda uji dan volume benda uji bergantung pada baik atau tidaknya tahap pencetakan benda uji. Kemungkinan terjadinya banyak rongga didalam benda uji dapat menyebabkan penyerapan air menjadi besar.

#### 4.5.2.2.2. Analisa Rata-Rata Kelompok Uji



**Gambar 4.6 Histogram Hasil Pengujian Penyerapan Air Rata-Rata**

Berdasarkan histogram diatas, terlihat bahwa penggunaan bahan *bottom ash* dan kapur pada kelompok A (25%) dan B (30%) memiliki nilai penyerapan air rata-rata yang lebih kecil dibandingkan dengan kelompok N (campuran normal), tetapi kelompok C (35%), D (40%), dan E (45%) memiliki penyerapan air yang lebih besar dibandingkan kelompok N (campuran normal). Batas penggunaan yang berada dibawah kelompok N (campuran normal) adalah 25% dan 30%. Dapat dilihat bahwa semakin banyak bahan pengganti maka semakin besar nilai penyerapan air.

Nilai penyerapan air yang besar dipengaruhi oleh nilai porositas (perbandingan volume pori yang ditempati oleh fluida terhadap volume total benda uji). Menurut Powers (2011), porositas yang terbuka terisi oleh evaporable water (air yang dapat menguap dan sebagian besar merupakan air yang berada didalam kapiler atau tertahan). Akibat proses hidrasi pada bahan ikat (semen, *bottom ash* dan kapur), kadar air yang tidak dapat

menguap dapat bertambah jumlahnya , sehingga kadar evaporable water akan berkurang karena rongga terisi produk hidrasi (bahan ikat).

Nilai porositas bergantung kepada ukuran butir bahan ikat yang digunakan. Nilai porositas yang besar akibat ukuran butir yang lebih besar tidak terjadi pada campuran yang menggunakan *bottom ash* dan kapur pada penelitian ini. Ukuran butir *bottom ash* yang digunakan lolos saringan 200 lebih dari 78% sehingga tidak terdapat kemungkinan bahwa ukuran butir merupakan alasan penyerapan air menjadi besar.

Nilai penyerapan air yang semakin besar seiring bertambahnya bahan substitusi dapat disebabkan oleh banyaknya senyawa alkali yaitu  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ . Kadar alkali yang tinggi mempengaruhi kecepatan pengerasan semen. Bila dalam pembuatan dipakai batuan yang mengandung silika reaktif dan semennya mengandung alkali tinggi, maka akan terjadi reaksi kimia antara silika dan alkali membentuk senyawa alkali silikat yang higroskopis dan membesarnya volume dalam keadaan basah. Akibat reaksi ini mengakibatkan retak atau pecah. (Tjokrodimulijo, 2004:25). Dalam semen normal jumlah senyawa alkali sebesar 0,2%~1,3% (SNI 15-2049-2004). Jumlah senyawa alkali dalam *bottom ash* dan kapur sesuai dengan hasil pengujian awal kimia bahan adalah 1.35% ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) dan 0.544% ( $\text{K}_2\text{O}$ ), sehingga jumlah senyawa alkali pada bahan ikat *bottom ash* dan kapur sebesar 1,894% melebihi jumlah senyawa alkali pada semen. Hal ini menyebabkan membesarnya volume rongga pada keadaan basah sehingga nilai penyerapan air menjadi besar.

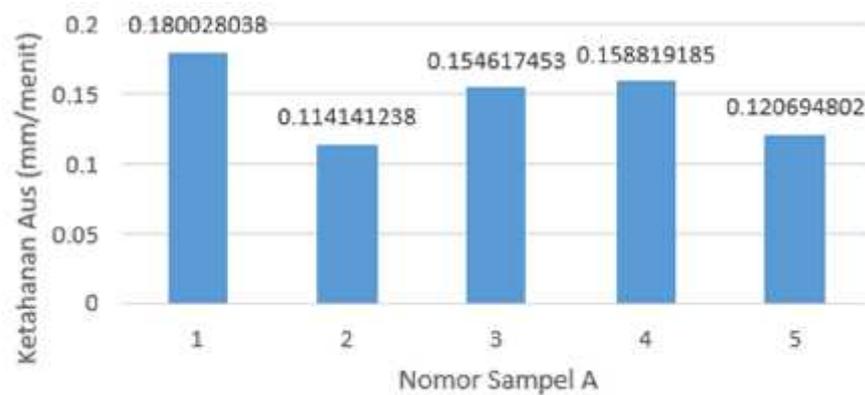
### 4.5.2.3 Pengujian Kuat Aus

#### 4.5.2.3.1. Deskripsi Hasil Kelompok Uji

Pengujian kuat aus dilakukan pada 5 buah benda uji yang dalam keadaan kering setelah 24 jam dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C.

Pengujian dilakukan dengan 2 fase waktu yaitu 2,5 menit dan 5 menit.

Berikut ini merupakan hasil pengujian kuat aus :

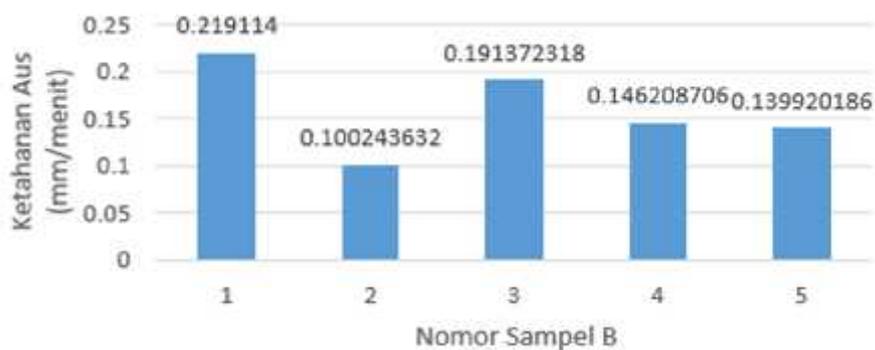


**Gambar 4.7 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus A**

Berdasarkan histogram diatas tentang hasil pengujian ketahanan aus A dengan rata-rata nilai ketahanan aus 0,145 termasuk pada mutu B dengan ketahanan aus minimal 0,1141 termasuk pada mutu A. Secara keseluruhan kelompok uji A dapat di golongan pada ketahanan Aus mutu B. Perbedaan nilai pada jenis sampel A tidak besar karena nilai keausan berkisar pada  $\pm 0.15$ .

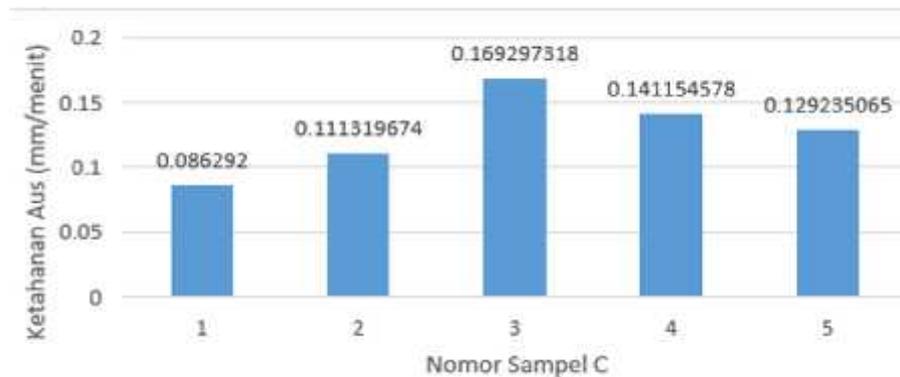
Nilai keausan dipengaruhi oleh lapisan atas *paving block* dimana pada lapisan atas dilapisi oleh pasir dan semen pada saat pencetakan. Tidak digunakannya air pada lapisan atas dapat menyebabkan lapisan

mudah terkikis sehingga nilai keausan menjadi besar. Penekanan saat pembuatan juga mempengaruhi kualitas lapisan atas dari benda uji. Semakin baik proses penekanan maka semakin baik lapisan atas yang dihasilkan.



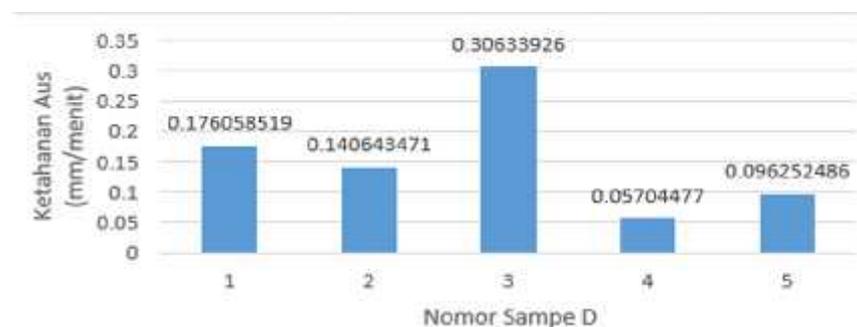
**Gambar 4.8 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus B**

Terdapat perbedaan yang besar antara nilai keausan benda uji jenis B. hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan tekanan yang diterima benda uji saat proses pencetakan atau bahan yang digunakan pada lapisan atas *paving block* mudah terkikis. Berdasarkan histogram diatas tentang hasil pengujian ketahanan aus B dengan rata-rata nilai ketahanan aus 0,159 termasuk pada mutu B dengan ketahanan aus minimal 0,100 termasuk pada mutu A. Secara keseluruhan kelompok uji B dapat di golongan pada ketahanan aus mutu B.



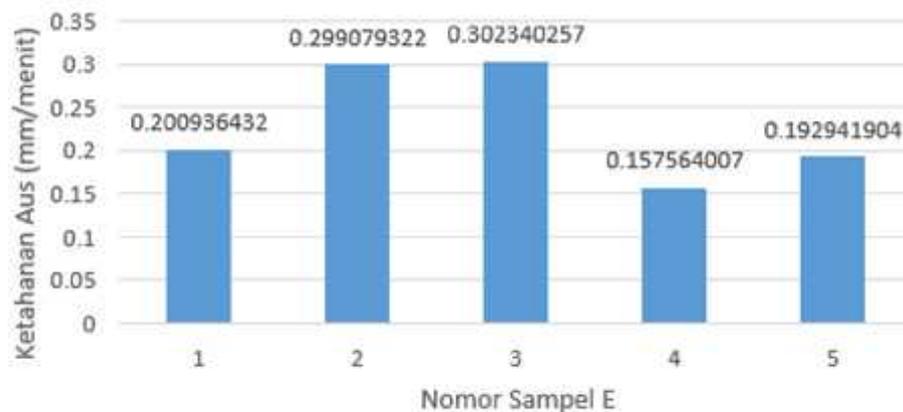
**Gambar 4.9 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus C**

Berdasarkan histogram diatas tentang hasil pengujian ketahanan aus C dengan rata-rata nilai ketahanan aus 0,127 termasuk pada mutu A dengan ketahanan aus minimal 0,0863 termasuk pada mutu A. Secara keseluruhan kelompok uji C dapat di golongan pada ketahanan Aus mutu A. Nilai ketahanan aus jenis C memiliki perbedaan antara nilai maksimum (0.169 mm/menit) dan nilai minimum (0.086 mm/menit). Perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan lapisan atas dari benda uji. Kemungkinan perbedaan disebabkan oleh proses pencetakan yang berbeda karena menggunakan mesin press manual.



**Gambar 4.10 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus D**

Berdasarkan histogram diatas tentang hasil pengujian ketahanan aus D dengan rata-rata nilai ketahanan aus 0,1552 termasuk pada mutu B dengan ketahanan aus minimal 0,057 termasuk pada mutu A. Secara keseluruhan kelompok uji D dapat di golongan pada ketahanan Aus mutu B. Terdapat kenaikan nilai dan penurunan yang besar pada benda uji 2 (0.140 mm/menit), benda uji 3 (0.306 mm/menit), dan benda uji 4 (0.057 mm/menit) yang dapat disebabkan oleh perbedaan kekuatan lapisan atas benda uji. Hal ini diakibatkan oleh penggunaan mesin press manual sehingga penekanan saat pencetakan berbeda antara benda uji. Kekuatan penekanan dan waktu penekanan akan mempengaruhi seberapa besar lapisan atas akan gugus saat pengausan.



**Gambar 4.11 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus E**

Berdasarkan histogram diatas tentang hasil pengujian ketahanan aus E dengan rata-rata nilai ketahanan aus 0,230 termasuk pada mutu D dengan ketahanan aus minimal 0,1576 termasuk pada mutu B. Secara keseluruhan kelompok uji E dapat di golongan pada ketahanan Aus mutu D.

Perbedaan nilai terjadi pada benda uji 1 (0.200 mm/menit) dengan benda uji 2 (0.299 mm/menit) dan benda uji 3 (0.302 mm/menit) dengan benda uji 4 (0.157 mm/menit). Hal ini dapat disebabkan oleh lapisan atas yang mudah gugus saat proses pengujian dilakukan. Kekuatan lapisan atas dipengaruhi oleh penekanan yang diterima oleh benda uji saat proses pencetakan. Apabila penekanan yang dilakukan tidak sama antara satu dengan yang lainnya maka benda uji memiliki kekuatan lapisan atas yang bervariasi seperti pada benda uji kelompok E.

#### 4.5.2.3.2. Analisa Rata-Rata Kelompok Uji

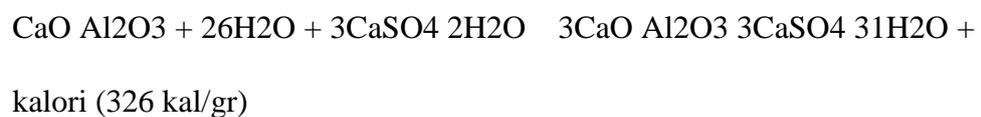


**Gambar 4.12 Histogram Hasil Pengujian Ketahanan Aus Rata-Rata Kelompok Uji**

Pada histogram diatas menunjukkan bahwa nilai ketahanan aus pada kelompok uji N, A, B dan D dalam golongan mutu yang sama yaitu mutu B. sementara kelompok uji C memiliki ketahanan aus lebih baik dari kelompok uji lain dan memiliki ketahanan aus mutu A. Kelompok uji E melewati ketahanan aus maksimal mutu D, sehingga tidak dapat diklasifikasikan dalam mutu. Nilai ketahanan aus memiliki kenaikan dan

penurunan yang tidak seragam dengan kenaikan jumlah penggunaan bahan pengganti semen yang digunakan. Selain faktor teknis seperti dijelaskan pada bagian deskriptif kelompok uji. Kenaikan nilai diatas disebabkan oleh ketahanan aus bergantung kepada lapisan atas dari *paving block* dimana lapisan atas *paving block* adalah campuran antara pasir dan bahan ikat yang tidak memiliki jumlah air yang cukup sesuai dengan FAS yang digunakan.

Fungsi air ditambahkan pada semen Portland adalah untuk membentuk jaringan serabut (gel) yang menyelubungi butir-butir semen yang lain. Di dalam gel ini terdapat : air pembentuk gel yang jumlahnya tertentu dan air bebas yang jumlahnya tergantung jumlah air pencampur pada bahan ikat. Senyawa C3S dan C2S pada semen bila bertemu dengan air akan membentuk gel sebagai senyawa kalsium silikat hidrat yang menghasilkan kristal-kristal kapur dan senyawa hasil hidrasi C3A dan C4AF. Reaksi kimia pada bahan ikat yang berhubungan dengan hal ini adalah :



Senyawa yang dihasilkan biasa disebut trisulfo aluminat atau trisulfat atau ettringate yang berperan menghambat pengerasan atau pengikatan semen. Lapisan atas yang kekurangan jumlah air pada teknis pembuatan menyebabkan tidak terjadinya pengikatan semen yang

maksimal pada lapisan atas dan teknis pengujian ketahanan aus dilakukan hanya pada lapisan atas (ketebalan maksimal 2 cm dari lapisan atas). Hal ini sangat berpengaruh pada hilangnya gugus benda uji yang diaus sehingga nilai kuat aus menjadi besar.

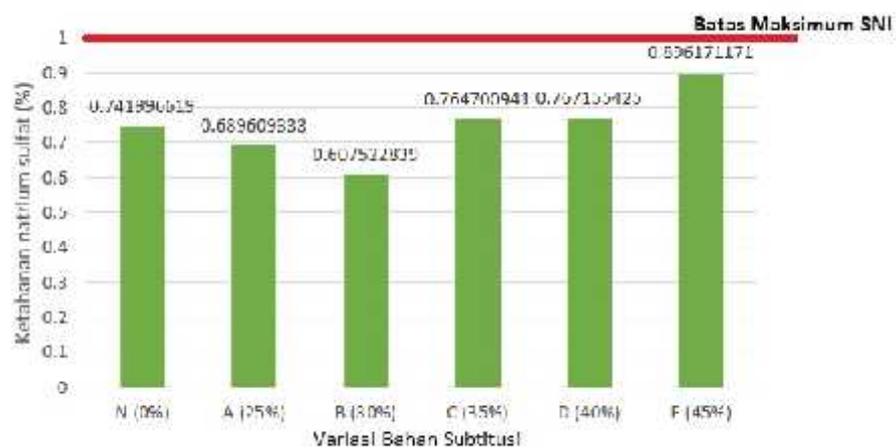
Kenaikan nilai yang terjadi pada nilai ketahanan aus bergantung pada kadar bahan substitusi. Dilihat dari kenaikan nilai ketahanan aus dari variasi A sampai dengan E yang meningkat dapat disimpulkan bahwa kenaikan bahan substitusi sebesar 5% dapat menaikkan nilai ketahanan aus sebesar 0,5%. Hal ini disebabkan oleh kandungan *bottom ash* dan kapur pada bahan substitusi. *Bottom ash* merupakan bahan limbah yang berbeda dengan semen yang merupakan hasil dari pengolahan. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada kandungan kimia Tabel 2.3 dan Tabel 2.5. Pada kapur perbedaan dengan semen terdapat pada proses kalsinasi. Kapur tohor merupakan kapur alam yang melalui satu proses kalsinasi sehingga membentuk senyawa sebagai berikut :



Reaksi ini berlangsung pada suhu sekitar 900°C (Rahayu,2009:20). Berbeda dengan semen yang pada proses pembuatannya melewati proses kalsinasi lanjutan dengan suhu mencapai 1400°C dan penambahan clay, pasir silika dan pasir besi sehingga menghasilkan senyawa C3S,C2S,C3A, dan C4AF yang berfungsi untuk kekerasan saat semen digunakan.

#### 4.5.2.4 Pengujian Ketahanan Natrium Sulfat

Pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat harus memiliki hasil kurang dari 1% atau benda uji tidak hancur. Pengujian dilakukan terhadap 2 benda uji pada masing-masing kelompok. Berikut ini merupakan hasil pengujian terhadap natrium sulfat :



**Gambar 4.13 Histogram Hasil Pengujian Rata-Rata Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat**

Dari hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa kelompok uji B (25%) memiliki ketahanan terhadap natrium sulfat dengan nilai terendah. Seluruh kelompok uji dinyatakan lolos karena hasil pengujian rata-rata ketahanan natrium sulfat tidak melebihi batas 1%. Dari hasil penelitian diatas dapat diketahui bahwa semakin banyak bahan pengganti (*bottom ash* dan kapur) yang ditambahkan maka semakin banyak gugus benda uji yang hilang pada saat perendaman di larutan natrium sulfat. Dilihat dari hasil pengujian diatas nilai ketahanan natrium sulfat mengalami kenaikan 0,7% sampai dengan 0,9%. Dapat disimpulkan bahwa kenaikan 10% bahan substitusi yang digunakan meningkatkan 0,1% nilai ketahanan

natrium sulfat. Sehingga penggunaan sampai dengan 50% bahan substitusi masih dapat digunakan.

Kenaikan yang terjadi seiring dengan bertambahnya bahan substitusi disebabkan oleh reaksi kimia akibat komposisi kimia dari *bottom ash* dan kapur yang memiliki senyawa yang tidak terdapat pada semen. Senyawa yang tidak terdapat pada semen namun terdapat pada *bottom ash* dan kapur adalah senyawa TiO<sub>2</sub> (Titanium Dioksida). Senyawa ini jika bereaksi dengan Natrium sulfat memiliki reaksi kimia sebagai berikut :



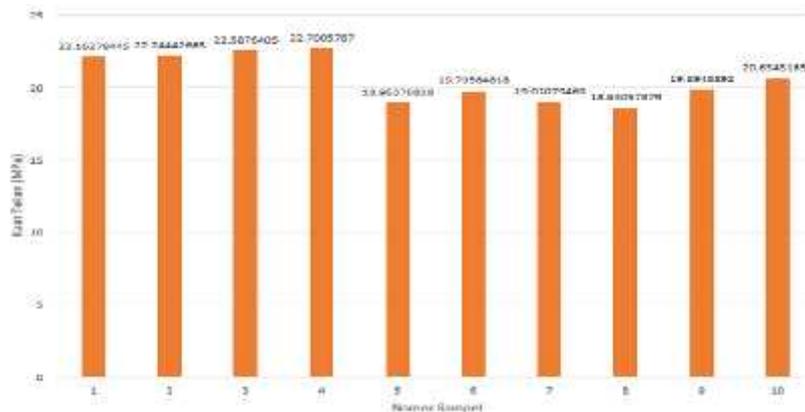
Pada pembuatan senyawa TiO<sub>2</sub> (Titanium Dioksida) merupakan hasil dari proses yang menggunakan natrium/sulfat/magnesium untuk mengolah bahan mentah menjadi Titanium dioksida (Sastroamidjojo,2012). Karena senyawa TiO<sub>2</sub> (Titanium Dioksida) terdapat pada *bottom ash*, kemungkinan terjadinya reaksi dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Natrium Sulfat) yang digunakan dalam pengujian menjadi lebih besar. Ditambah dengan jumlah alkali pada campuran yang bertambah yaitu senyawa Na<sub>2</sub>O dan K<sub>2</sub>O yang akan bereaksi dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Natrium Sulfat) karena sama-sama berada pada golongan IA (logam alkali). Golongan IA (logam alkali) merupakan golongan reaktif yang ketika bereaksi dengan golongan lain dapat menyebabkan hilangnya senyawa tersebut. Hilangnya senyawa yang terdapat pada campuran akan mempercepat reaksi dengan senyawa pada proses hidrasi semen. Proses hidrasi penting karena mempengaruhi daya rekat dan kekuatan benda uji.

Gugusan benda uji yang hilang akibat pengujian menjadi lebih besar seiring bertambahnya bahan substitusi semen yang digunakan.

#### 4.5.2.5 Pengujian Kuat Tekan

Berikut ini merupakan hasil pengujian kuat tekan rata-rata sesuai dengan kelompok uji yang dilakukan terhadap 10 benda uji.

##### 4.5.2.5.1. Deskripsi Hasil Kelompok Uji

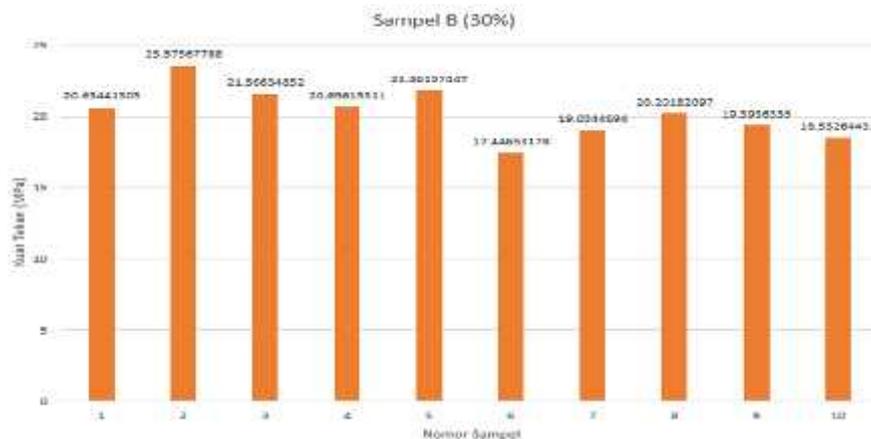


**Gambar 4.14 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji A**

Kelompok uji A memiliki nilai maksimal uji tekan pada benda uji 4 (22.7 MPa) dan nilai tekan minimum pada benda uji 8 (18.63 MPa) dengan nilai rata-rata uji tekan benda uji A adalah 20.66 MPa. Berdasarkan nilai rata-rata benda uji jenis A dapat digolongkan kedalam mutu B karena rata-rata melebihi 20 MPa. Pada histogram diatas terdapat variasi nilai uji tekan. Kekuatan tekan yang berbeda dapat disebabkan oleh bahan, pencampuran, pencetakan dan perawatan yang berbeda. Dalam hal ini bahan yang digunakan seragam dan perawatan yang dilakukan seragam karena sama-sama memiliki umur 28 hari. Kemungkinan terjadi perbedaan

pada nilai uji tekan karena pencampuran bahan yang tidak merata dan pencetakan dengan tekanan dan waktu yang berbeda.

Pada saat pencampuran dilakukan dengan mesin pengaduk yang memiliki kapasitas campuran 500 buah *paving block*. Pada saat pencampuran, campuran untuk setiap kelompok uji adalah 20 buah. Sehingga pengadukan campuran menjadi kurang baik karena campuran terlalu sedikit jika dibandingkan dengan kapasitas mesin pengaduk. Pencetakan yang menggunakan alat press manual juga dapat menyebabkan tekanan untuk memadatkan benda uji berbeda-beda. Benda uji yang kurang padat akan menyebabkan kekuatan tekan yang rendah.

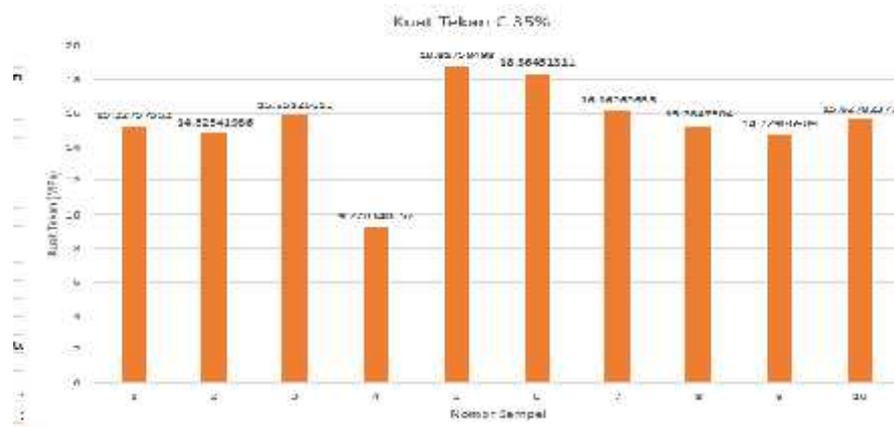


**Gambar 4.15 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji B**

Kelompok uji B memiliki nilai maksimal uji tekan pada benda uji 2 (23.57 MPa) dan nilai tekan minimum pada benda uji 6 (17.44 MPa) dengan nilai rata-rata uji tekan benda uji B adalah 20.29 MPa. Berdasarkan nilai rata-rata benda uji jenis B dapat digolongkan kedalam mutu B karena rata-rata melebihi 20 MPa. Pada histogram diatas terdapat variasi nilai uji tekan. Perbedaan kekuatan tekan berkisar antara 0.9~4

MPa. Perbedaan pada nilai uji tekan karena pencampuran bahan yang tidak merata dan pencetakan dengan tekanan dan waktu yang berbeda.

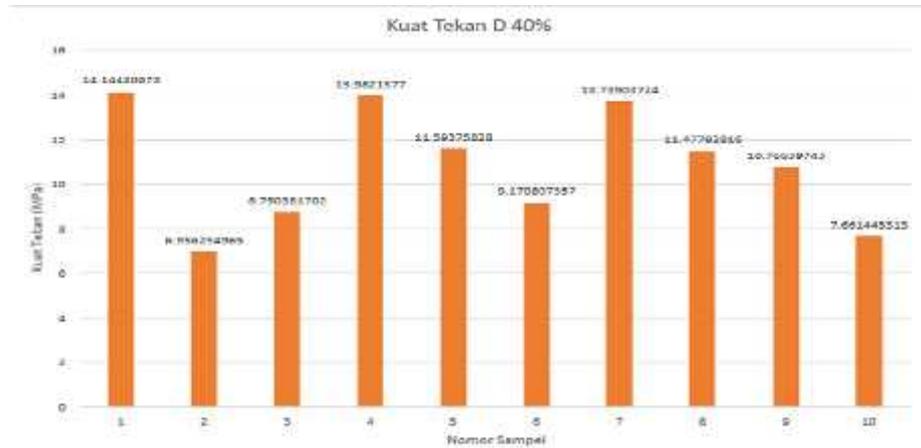
Pada saat pencampuran dilakukan dengan mesin pengaduk yang memiliki kapasitas campuran 500 buah *paving block*. Pada saat pencampuran, campuran untuk setiap kelompok uji adalah 20 buah. Sehingga pengadukan campuran menjadi kurang baik karena campuran terlalu sedikit jika dibandingkan dengan kapasitas mesin pengaduk. Pencetakan yang menggunakan alat press manual juga dapat menyebabkan tekanan untuk memadatkan benda uji berbeda-beda. Benda uji yang kurang padat akan menyebabkan kekuatan tekan yang rendah.



**Gambar 4.16 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji C**

Kelompok uji C memiliki nilai maksimal uji tekan pada benda uji 5 (18.81 MPa) dan nilai tekan minimum pada benda uji 4 (9.22 MPa) dengan nilai rata-rata uji tekan benda uji C adalah 15.41 MPa. Berdasarkan nilai rata-rata benda uji jenis C dapat digolongkan kedalam mutu C karena rata-rata melebihi 15 MPa.

Pada benda uji 4 terjadi penurunan yang besar pada kuat tekan. Hal ini disebabkan oleh benda uji 4 sangat mudah gugus pada saat pemotongan benda uji. Benda uji jenis C lain tidak sama dengan benda uji 4. Pada saat pemotongan benda uji lain tidak mudah gugus. Benda uji yang mudah gugus disebabkan oleh campuran bahan tidak merata dan pencetakan yang kurang baik. Pada saat pencampuran bahan kemungkinan terjadinya pengelompokan pada bahan ikat sehingga benda uji 4 tidak memiliki bahan ikat yang cukup. Kemungkinan pada saat pencetakan tidak dapat terjadi karena jumlah benda uji yang rendah adalah 1 benda uji sementara pada saat pencetakan, cetakan yang di press adalah 4. Kemungkinan perbedaan nilai yang besar tidak dapat disebabkan oleh proses pencetakan.



**Gambar 4.17 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji D**

Kelompok uji D memiliki nilai maksimal uji tekan pada benda uji 1 (14.41 MPa) dan nilai tekan minimum pada benda uji 2 (6.95 MPa) dengan nilai rata-rata uji tekan benda uji D adalah 10.82 MPa. Berdasarkan nilai rata-rata benda uji jenis D dapat digolongkan kedalam

mutu D karena rata-rata melebihi 10 MPa. Terdapat perbedaan nilai kuat tekan pada hasil uji. Hal ini dapat disebabkan oleh pencampuran bahan tidak merata dan proses pencetakan yang berbeda saat memberikan penekanan. Benda uji yang memiliki kuat tekan rendah lebih dari 4 buah sehingga terdapat kemungkinan pencetakan merupakan alasan nilai kuat tekan menjadi rendah.



**Gambar 4.18 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Kelompok Uji E**

Kelompok uji E memiliki nilai maksimal uji tekan pada benda uji 1 (11.21 MPa) dan nilai tekan minimum pada benda uji 5 (8.42 MPa) dengan nilai rata-rata uji tekan benda uji E adalah 9.48 MPa. Berdasarkan nilai rata-rata benda uji jenis E tidak dapat digolongkan pada mutu tertentu karena berada dibawah nilai kuat tekan yang disyaratkan mutu D yaitu 10 MPa.

Kuat tekan kelompok uji E berkisar pada nilai 8~11 MPa. Tidak terdapat perbedaan yang cukup besar pada hasil uji. Perbedaan yang

terjadi dapat disebabkan oleh perbedaan tekanan yang didapatkan saat proses pencetakan dan rendahnya nilai kuat tekan pada Benda uji E dapat disebabkan oleh jumlah bahan pengganti yang semakin besar dan jumlah semen yang menurun. Kemungkinan daya ikat campuran menjadi rendah.

#### 4.5.2.5.2. Analisa Rata-Rata Kelompok Uji



**Gambar 4.19 Histogram Hasil Pengujian Uji Tekan Rata-Rata Kelompok Uji**

Berdasarkan histogram pengujian tekan rata-rata, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kekuatan tekan seiring dengan bertambahnya persentase *bottom ash* dan kapur pada campuran. Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan pengikatan dari bahan pengganti yang tidak sama dengan semen. Berikut ini merupakan reaksi hidrasi yang terjadi pada bahan ikat :

- $$2(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3 \text{Ca}(\text{OH})_2$$

+kalori(120 kal/gr)

Disingkat :  $\text{C}_3\text{A} + 6 \text{H} \rightarrow \text{C}_3\text{A} \cdot \text{H}_6 + \text{kalori}$
- $$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{kalori} (207 \text{ kal/gr})$$



Kedua reaksi diatas mempengaruhi daya rekat dan kekuatan semen. Pada *bottom ash* dan kapur, reaksi ini masih dapat terjadi. Kemungkinan reaksi ini terjadi lebih cepat karena jumlah senyawa SiO<sub>2</sub> yang banyak terdapat pada *bottom ash*. Akan tetapi jumlah kapur yang bertambah pada bahan ikat akan menyebabkan kelebihan kapur di dalam susunan bahan baku, yang setelah proses pembakaran tidak ikut membentuk senyawa semen. Kapur bebas yang tinggi juga mengakibatkan bentuk yang tidak stabil pada semen setelah mengeras.



Senyawa kapur dalam penelitian ini bertambah karena tambahan kapur tohor pada semen. Penambahan *bottom ash* tidak berpengaruh pada jumlah kapur bebas karena jumlah CaO pada *bottom ash* lebih kecil dibandingkan semen yaitu 2.83%. Selain jumlah CaO, pengaruh nilai porositas yang besar akibat senyawa alkali yang besar seperti yang dijelaskan pada bagian penyerapan air menyebabkan nilai kekuatan tekan menurun seiring dengan meningkatnya nilai penyerapan air.

#### 4.6 Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian *paving block* yang menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 0%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dapat kita lihat bahwa mutu yang dicapai oleh setiap pengujian berbeda. Mutu yang dicapai oleh

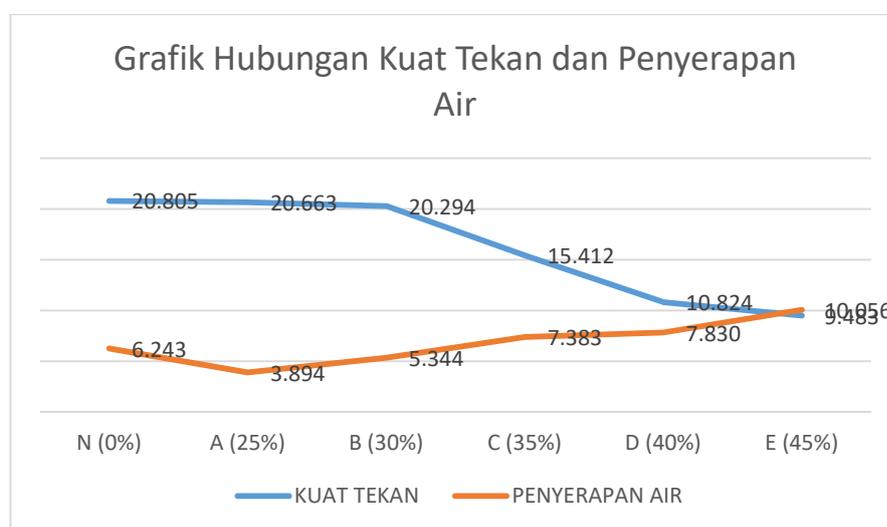
setiap kelompok uji diambil dari mutu terendah yang dicapai pada pengujian. Sementara pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat tidak termasuk dalam pengelompokan mutu *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996. Ketahanan terhadap natrium sulfat hanya dimaksudkan untuk mengetahui nilai ketahanan pada natrium tanpa menggolongkan mutu dari kelompok uji. Berikut ini merupakan tabel mutu berdasarkan hasil penelitian :

**Tabel 4.7 Mutu Kelompok Uji Berdasarkan SNI 03-0691-1996**

No	Kelompok Uji	Mutu berdasarkan Jenis Pengujian		
		Pengujian Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
1	N (0%)	B	B	B
2	A (25%)	B	B	A
3	B (30%)	B	B	B
4	C (35%)	C	A	C
5	D (40%)	D	B	C
6	E (45%)	-	D	-

Penggunaan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan presentase 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari berat semen dengan komposisi 1 semen : 4 pasir dapat mencapai mutu B-D. Persentase 25% dan 30 % mencapai mutu B, 35% mencapai mutu C, 40% mencapai mutu D dan 45% tidak dapat digolongkan dalam mutu. Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan oleh *paving block* A sampai dengan E adalah 20.6 MPa, 20.2 MPa, 15.4 MPa, 10.8 MPa, 10.8 MPa, dan 9.4 MPa secara berturut-turut dengan penyerapan air 3.89%, 5.34%, 7.38%, 7.82%, 10,05% dan ketahanan aus 0.145 mm/menit, 0.159 mm/menit, 0.127 mm/menit, 0.155 mm/menit, dan 0.230 mm/menit.

Ketahanan terhadap natrium sulfat pada benda uji mencapai 0.60%~0.89% sehingga benda uji seluruh kelompok dinyatakan lolos uji dan dapat dipergunakan karena tidak lebih dari 1%. Nilai kuat tekan rata-rata *paving block* yang menggunakan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen adalah 15.33 MPa. Nilai maksimal kuat tekan adalah 23.57 MPa terdapat pada kelompok uji B.



**Gambar 4.20 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Penyerapan Air**

Dapat dilihat dari gambar histogram diatas bahwa kuat tekan berbanding terbalik dengan penyerapan air pada hasil penelitian yang telah dilakukan. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya penyerapan air maka semakin banyak rongga pada benda uji (porositas). Sehingga pada saat pengujian tekan hal ini menyebabkan rendahnya nilai kuat tekan. Ketahanan natrium sulfat dan ketahanan aus tidak saling mempengaruhi karena ketahanan aus bergantung kepada lapisan atas benda uji dan ketahanan natrium sulfat bergantung pada komposisi kimia bahan

penyusun benda uji. Penambahan kapur dan *bottom ash* pada *paving block* tidak menghasilkan mutu yang semakin baik. Mutu yang optimum dihasilkan pada campuran 25% dan 30%. Berdasarkan penelitian relevan pada penelitian ini dimana hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan air disimpulkan bahwa penggunaan 25%,30%,35% dan 40% termasuk antara mutu A dan B. Penggunaan 45% termasuk mutu B (Soehardjono,dkk.2013:4). Mutu yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan *paving block* yang hanya menggunakan *bottom ash* sebagai pengganti semen.

Dapat diperkirakan bahwa penambahan kapur dan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian semen tidak mencapai hasil yang maksimal. Perbedaan kandungan persentase kandungan kimia, kandungan logam alkali yang bertambah, kandungan TiO<sub>2</sub> dan faktor teknis pembuatan yaitu pencampuran bahan yang tidak merata akibat mesin pengaduk yang tidak sesuai dengan jumlah campuran, penambahan lapisan atas benda uji yang tidak sesuai dengan FAS yang digunakan dan mesin press manual yang memiliki kekuatan press yang tidak merata adalah alasan penambahan *bottom ash* dan kapur tidak mencapai hasil yang maksimal.

#### **4.7 Keterbatasan Penelitian**

Dalam pelaksanaan penelitian ini masih terdapat keterbatasan dan kekurangan yang menyebabkan terjadi kekeliruan pada saat penelitian, diantaranya sebagai berikut :

1. Penguji tidak melakukan pengujian waktu ikat, daya serap, dan permeabilitas dari *bottom ash* dan kapur.
2. Pencetakan benda uji dilakukan dengan mesin press manual sehingga tekanan yang dihasilkan pada saat pembuatan tidak merata.
3. Mesin pengaduk saat pencampuran tidak dapat mengaduk secara merata akibat jumlah campuran yang sedikit dibandingkan dengan kapasitas mesin pengaduk.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian *paving block* yang menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Semakin banyak penggunaan bahan substitusi semen menyebabkan penurunan mutu. Sehingga penggunaan *bottom ash* dan kapur tidak dapat mencapai mutu A. Mutu maksimal yang dapat dihasilkan adalah mutu B dan mutu yang terendah dibawah mutu D sesuai SNI 03-0691-1996. Dengan membandingkan persentase kelompok uji A~E dengan kelompok uji N (campuran normal). Mutu kelompok uji A(25%) dan B(30%) memiliki kualitas yang dapat disetarakan dengan kelompok uji N (0%). Sebagai pemanfaatan dapat digunakan sampai dengan persentase 30%.

#### 5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan :

1. Menjaga kualitas benda uji secara teknis dengan menggunakan mesin pengaduk yang sesuai dengan jumlah campuran dan menggunakan mesin press hidrolik agar benda uji memiliki perlakuan yang homogen.
2. Melakukan pengujian semen dan bahan *bottom ash* serta kapur secara lengkap (daya ikat, permeabilitas, penyerapan air, kehalusan butir).

## DAFTAR PUSTAKA

- Asti, Murni dan Sudirman Habibie. 2002. Pemanfaatan Potensi Batu Kapur di Kawasan Timur Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sipil*, No:3. <http://rekayasipil.ub.ac.id>. Diakses 20 Agustus 2015
- [BPS]. Badan Pusat Statistik. 2013. *Publikasi Statistik Pertambangan Non Minyak Bumi*.
- [BSN]. Badan Standarisasi Nasional. *SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (Paving block)*.
- [BSN]. Badan Standarisasi Nasional. *SNI 03-2487-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
- [BSN]. Badan Standarisasi Nasional. *SNI 15-7064-2004 tentang Semen Portland*.
- [BSN]. Badan Standarisasi Nasional. *SNI 03-0028-1987 tentang Tata Cara Uji Ubin Semen*.
- Hidayat, Ade. 2004. *Pengaruh Bahan Substitusi Batu Kapur Terhadap Mutu Paving Block*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: PT.ANDI.
- Mudock,L.J dan K.M, Brook. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- Nurjayanti, Evi. 2012. *Pengaruh Serbuk Kapur Karbonat Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Beton Normal*. Solo: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret.
- Suparni, S.R. (2009). *Kapur Putih*.
- Soehardjono, Agoes. dkk. 2013. Pengaruh Penggunaan *Bottom ash* Sebagai Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kemampuan Resapan Air Struktur *Paving*. *Jurnal Rekayasa Sipil Volume 7*, No:1. <http://rekayasipil.ub.ac.id>. Diakses 20 Agustus 2015
- Suryoatmono, Bambang. 2004. *Statistika dan Probabilitas*. Bandung: Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- [TekMIRA]. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batu Bara. (2010). *Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Batu Bara, Toksisitas Abu Terbang dan Abu Dasar Limbah PLTU Batu Bara yang Berada di Sumatera dan Kalimantan Secara Biologi*.

- Whittaker, Mark. dkk. 2015. *The Behaviour of Finely Ground Bottom ash in Portland Cement*. <http://eprints.whiterose.ac.uk/whittaker> . Diakses 20 Agustus 2015
- Whittaker, Mark. dkk. 2015. *The Effect of Bottom ash as a Partial Cement Replacement*. <http://eprints.whiterose.ac.uk/whittaker> . Diakses 20 Agustus 2015
- Wulansari. 2003. *Nilai Korelasi Kuat Tekan Paving block Pada Umur 3, 7, 14, 21, dan 28 Hari*. Riau: Fakultas Teknik Sipil. Universitas Riau.
- Yulianti, Resti. 2013. *Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Tanah Dengan Kapur Untuk Perkuatan Paving block*. Sumatera Utara: Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.

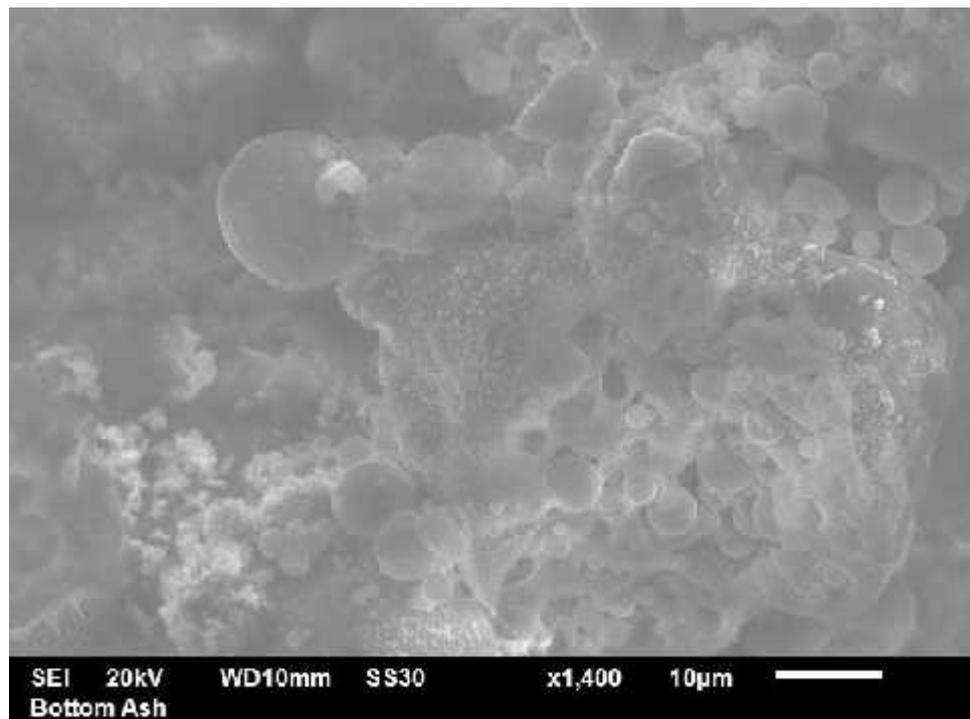
**LAMPIRAN****Lampiran 1.** Uji Unsur Kandungan *Bottom ash*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Uji Unsur Kandungan *Bottom ash*

#### *Bottom ash*

Tabel Kandungan Bahan



Unsur	Perbandingan mol atom unsur berdasarkan table periodik	Mass (%)
<b>O</b>	8	51,1
<b>Na</b>	11	0,89
<b>Mg</b>	12	1,11
<b>Al</b>	13	11,59
<b>Si</b>	14	25,25
<b>K</b>	19	0,83
<b>Ca</b>	20	2,03
<b>Ti</b>	81	0,46
<b>Fe</b>	26	6,74

1. Senyawa  $A_2O_3$

$$A_2O_3 = \frac{24}{26} \times 11,59 = 10,69 + 11,59 = 22,28 \%$$

2. Senyawa  $S O_2$

$$S O_2 = \frac{16}{14} \times 25,25 = 28,85 + 25,25 = 54,1\%$$

3. Senyawa  $F_2O_3$

$$F_2O_3 = \frac{24}{52} \times 6,74 = 3,11 + 6,74 = 9,85\%$$

4. Senyawa  $T O_2$

$$T O_2 = \frac{16}{81} \times 0,46 = 0,09 + 0,46 = 0,55\%$$

5. Senyawa  $M$

$$M = \frac{8}{12} \times 1,11 = 0,74 + 1,11 = 1,85\%$$

6. Senyawa  $C$

$$C = \frac{8}{20} \times 2,03 = 0,812 + 2,03 = 2,842\%$$

7. Senyawa  $N_2O$

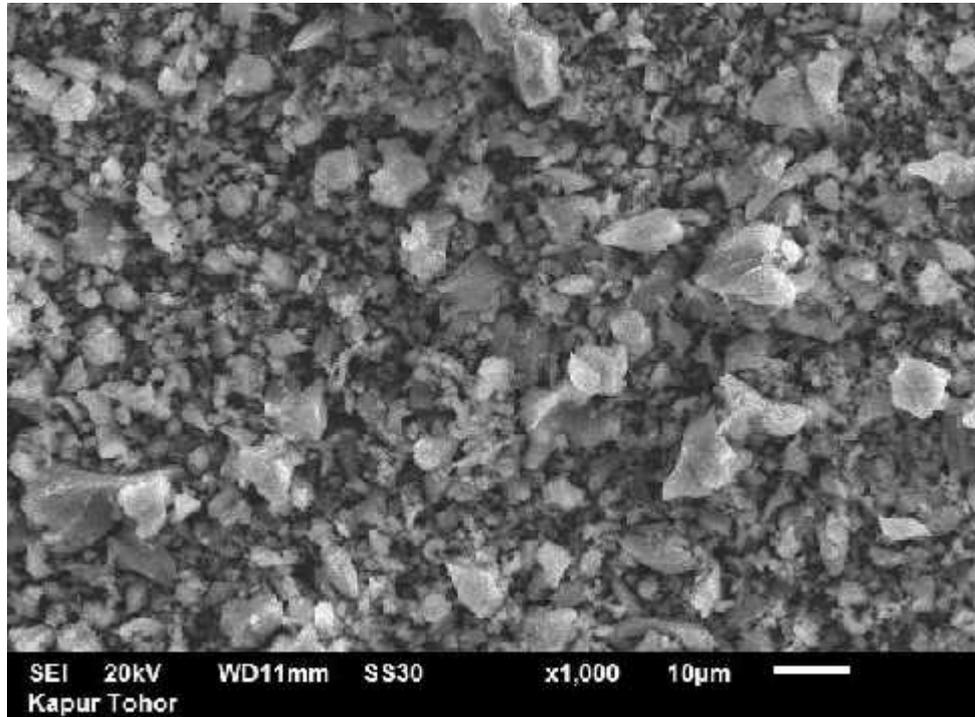
$$N_2O = \frac{8}{22} \times 0,89 = 0,32 + 0,89 = 1,21\%$$

8. Senyawa  $K_2O$

$$K_2O = \frac{8}{38} \times 0,83 = 0,17 + 0,83 = 1,00\%$$

## Lampiran 2. Uji Unsur Kandungan Kapur

### Kapur Tohor Tabel Kandungan Bahan



Unsur	Perbandingan mol atom unsur berdasarkan table periodik	Mass (%)
C	16	20
O	18	42,75
Si	14	0,54
Ca	20	36,71

#### 1. Senyawa C

$$C = \frac{8}{20} \times 36,71 = 14,684 + 36,71 = 51,39\%$$

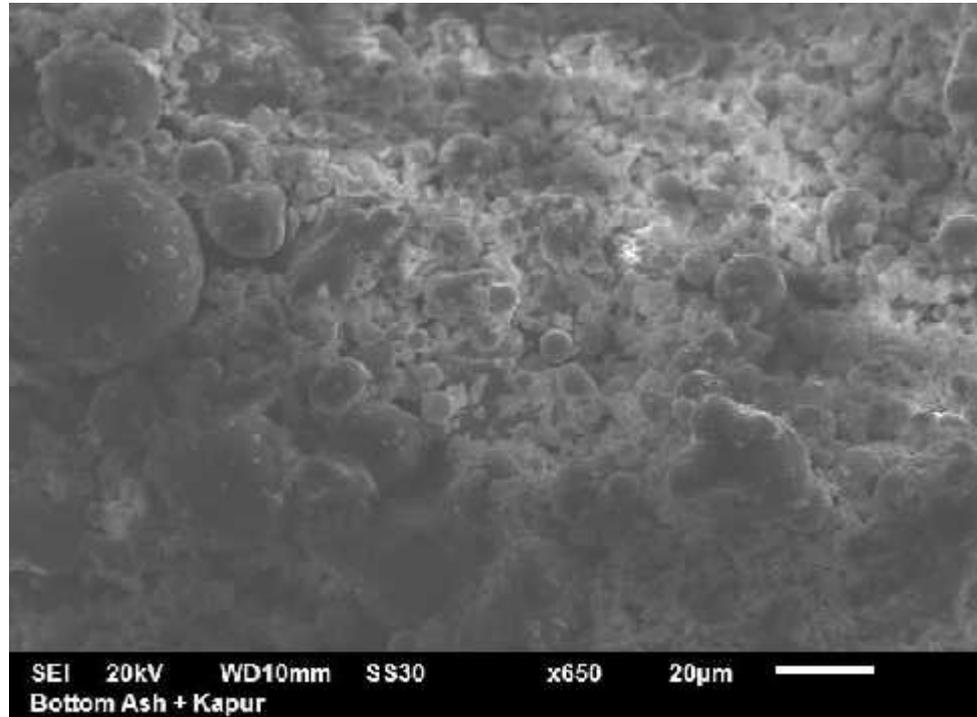
#### 2. Senyawa S O<sub>2</sub>

$$S O_2 = \frac{16}{14} \times 0,54 = 0,61 + 0,54 = 1,15\%$$

**Lampiran 3.** Uji Unsur Kandungan *Bottom ash* dan Kapur

**Kapur Tohor dan *Bottom ash* (Perbandingan 1:4)**

**Tabel Kandungan Bahan**



Unsur	Perbandingan mol atom unsur berdasarkan table periodik	Mass (%)
C	6	23,26
O	8	45,95
Na	11	0,89
Mg	12	0,88
Al	13	7,36
Si	14	14,03
K	19	0,45
Ca	20	2,98
Ti	81	0,24
Fe	26	3,86

1. Senyawa  $A_2O_3$

$$A_2O_3 = \frac{24}{26} \times 7,36 = 16,034 + 7,36 = 30,064 \%$$

2. Senyawa  $S O_2$

$$S O_2 = \frac{16}{14} \times 14,03 = 6,793 + 7,36 = 14,154\%$$

3. Senyawa  $F_2 O_3$

$$F_2 O_3 = \frac{24}{52} \times 3,86 = 1,78 + 3,86 = 5,64\%$$

4. Senyawa  $T O_2$

$$T O_2 = \frac{16}{81} \times 0,24 = 0,047 + 0,24 = 0,287\%$$

5. Senyawa  $M$

$$M = \frac{8}{12} \times 0,88 = 0,586 + 0,88 = 1,467\%$$

6. Senyawa  $C$

$$C = \frac{8}{20} \times 2,98 = 1,192 + 2,98 = 4,172\%$$

7. Senyawa  $N_2 O$

$$N_2 O = \frac{8}{22} \times 0,99 = 0,36 + 0,99 = 1,35\%$$

8. Senyawa  $K_2 O$

$$K_2 O = \frac{8}{38} \times 0,45 = 0,094 + 0,45 = 0,544\%$$

#### Lampiran 4. Uji Kualitas Pasir Beton

No	JENIS PENGUJIAN	HASIL	SYARAT	METODE UJI
1	Berat jenis kering oven	2.613		SNI 1970:2008
2	Berat jenis kering permukaan (jenuh)	2.662		SNI 1970:2008
3	Berat jenis semu	2.748		SNI 1970:2008
4	Penyerapan air (%)	1.88		SNI 1970:2008
5	Bobot isi dan rongga udara Kg/dm <sup>3</sup>	1.478		SNI 03-4804-1998
6	Kepekaan terhadap asam		negatif	
7	Analisa saringan % melalui ayakan:			SNI-1968-1990
	3"			
	2"			
	1,5"			
	1"			
	3/4"	100		
	1/2"	98.24		
	3/8"	96		
	No. 4	87.22		
	8	76.69		
	16	64.04		
	30	42.56		
	50	19.1		
	100	7.16		
	200	2.18		
8	Bahan plastis setara dengan pasir	73.33	Min. 50	SNI 03-2417-1991
	Bahan yang lolos saringan No.200, %	5.20%	Max. 5	SNI 03-4142-1996
	LL. PL. PI	-		SNI 03-1966-1990
	Kadar zat organik	3	No. 3 (Max)	SNI 03-1742-1989

**Lampiran 5. Uji Kualitas Semen**

<b>No</b>	<b>JENIS PENGUJIAN</b>	<b>HASIL</b>	<b>SYARAT</b>	<b>METODE UJI</b>
1	Berat jenis	3.15		SNI: 7064:2004
2	Waktu ikat awal dengan alat vicat	49	Min. 45 menit	SNI 15-2049-2004
3	Waktu ikat awal dengan alat vicat	356	Maks. 375 menit	SNI 15-2049-2004

## Lampiran 6. Uji Kualitas *Bottom ash* dan Kapur

### A. Gradasi *Bottom ash*

<b>Analisa saringan % melalui ayakan:</b>	<b>Persentase lolos (%)</b>
3"	
2"	
1,5"	
1"	
3/4"	
1/2"	
3/8"	
No. 4	100
	8
	98.12
	16
	90.35
	30
	89.17
	50
	88.23
	100
	85.34
	200
	80.43

### B. Berat Jenis

#### *Bottom ash*

No	JENIS PENGUJIAN	HASIL	SYARAT	METODE UJI
1	Berat jenis	2.55		SNI: 7064:2004

#### Kapur

No	JENIS PENGUJIAN	HASIL	SYARAT	METODE UJI
1	Berat jenis	3.28		SNI: 7064:2004

## Lampiran 7. Mix Design

Untuk campuran Normal

Diketahui ;

	Berat Satuan		Berat Jenis
Air	1000	kg/m <sup>3</sup>	1
Semen	1240	kg/m <sup>3</sup>	3.15
Pasir	1565	kg/m <sup>3</sup>	2.662
kapur	1500	kg/m <sup>3</sup>	3.28
<i>bottom ash</i>	1400	kg/m <sup>3</sup>	2.55

Bahan	Rasio Volume Lepas	W (kg)	V abs (m <sup>3</sup> )	V abs (normal) (1 m <sup>3</sup> )	W (kg) (1 m <sup>3</sup> )
Semen	1	225.4545	0.07	0.14	433.87
<i>Bottom ash</i>	0	0	0.00	0.00	0.00
kapur	0	0	0.00	0.00	0.00
Pasir	4	1138.182	0.43	0.82	2190.35
Air	0.5	20.49587	0.02	0.04	39.44
Jumlah	5.5		0.52	1.00	2663.66

$$FAS = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$\frac{V_{absolute}}{Berat\ Satuan} = \frac{V_{lepas}}{B_j \times B_{s\ Air}}$$

$$V_{lepas} = \frac{W}{Berat\ Satuan}$$

$$V_{absolute} = \frac{W}{B_j \times B_{s\ Air}}$$

untuk campuran 25%					
Bahan	Rasio Volume Lepas	W (kg)	V abs (m <sup>3</sup> )	V abs (normal) (1 m <sup>3</sup> )	W (kg) (1 m <sup>3</sup> )
Semen	0.75	169.0909	0.05	0.09	283.68
<i>bottom ash</i>	0.1875	47.72727	0.02	0.03	80.07
kapur	0.0625	17.04545	0.01	0.01	28.60
Pasir	4	1138.182	0.43	0.72	1909.48
Air	0.5	90.90909	0.09	0.15	152.51
5.5			0.60	1.00	2454.34

untuk campuran 30%					
Bahan	Rasio Volume Lepas	W (kg)	V abs (m <sup>3</sup> )	V abs (normal) (1 m <sup>3</sup> )	W (kg) (1 m <sup>3</sup> )
Semen	0.7	157.8182	0.05	0.08	264.77
<i>bottom ash</i>	0.225	57.27273	0.02	0.04	96.08
kapur	0.075	20.45455	0.01	0.01	34.32
Pasir	4	1138.182	0.43	0.72	1909.48
Air	0.5	90.90909	0.09	0.15	152.51
5.5			0.60	1.00	2457.16

untuk campuran 35%					
Bahan	Rasio Volume Lepas	W (kg)	V abs (m <sup>3</sup> )	V abs (normal) (1 m <sup>3</sup> )	W (kg) (1 m <sup>3</sup> )
Semen	0.65	146.5455	0.05	0.08	245.85
<i>bottom ash</i>	0.2625	66.81818	0.03	0.04	112.10
kapur	0.0875	23.86364	0.01	0.01	40.04
Pasir	4	1138.182	0.43	0.72	1909.48
Air	0.5	90.90909	0.09	0.15	152.51
5.5			0.60	1.00	2459.98

untuk campuran 40%					
Bahan	Rasio Volume Lepas	W (kg)	V abs (m <sup>3</sup> )	V abs (normal) (1 m <sup>3</sup> )	W (kg) (1 m <sup>3</sup> )
Semen	0.6	135.2727	0.04	0.07	226.94
<i>bottom ash</i>	0.3	76.36364	0.03	0.05	128.11
kapur	0.1	27.27273	0.01	0.01	45.75
Pasir	4	1138.182	0.43	0.72	1909.48
Air	0.5	90.90909	0.09	0.15	152.51
5.5			0.60	1.01	2462.80

untuk campuran 45%					
Bahan	Rasio Volume Lepas	W (kg)	V abs (m <sup>3</sup> )	V abs (normal) (1 m <sup>3</sup> )	W (kg) (1 m <sup>3</sup> )
Semen	0.55	124	0.04	0.07	208.03
<i>bottom ash</i>	0.3375	85.90909	0.03	0.06	144.13
kapur	0.1125	30.68182	0.01	0.02	51.47
Pasir	4	1138.182	0.43	0.72	1909.48
Air	0.5	90.90909	0.09	0.15	152.51
	5.5		0.60	1.01	2465.63

### Kebutuhan Bahan

Campuran : Normal

No	Bahan	Jumlah (M3)	Volume Sample (M3)	Jumlah sample	total vol sample	keb.bahan (Kg)
1	Pasir	2190.35	0.00126	20	0.0252	55.19676861
2	Semen	433.87	0.00126	20	0.0252	10.93354522
3	<i>Bottom ash</i>	0.00	0.00126	20	0.0252	0
4	Kapur Tohor	0.00	0.00126	20	0.0252	0
5	Air	39.44	0.00126	20	0.0252	0.993958656

Campuran : 25%

No	Bahan	Jumlah (M3)	Volume Sample (M3)	Jumlah sample	total vol sample	keb.bahan (kg)
1	Semen	283.68	0.00126	20	0.0252	7.148659414
2	<i>bottom ash</i>	80.07	0.00126	20	0.0252	2.01776677
3	kapur	28.60	0.00126	20	0.0252	0.720630989
4	Pasir	1909.48	0.00126	20	0.0252	48.11893326
5	Air	152.51	0.00126	20	0.0252	3.843365276

Campuran : 30%

No	Bahan	Jumlah (M3)	Volume Sample (M3)	Jumlah sample	total vol sample	keb.bahan (kg)
1	Semen	264.77	0.00126	20	0.0252	6.67208212
2	<i>bottom ash</i>	96.08	0.00126	20	0.0252	2.421320124
3	kapur	34.32	0.00126	20	0.0252	0.864757187
4	Pasir	1909.48	0.00126	20	0.0252	48.11893326
5	Air	152.51	0.00126	20	0.0252	3.843365276

Campuran : 35%

No	Bahan	Jumlah (M3)	Volume Sample (M3)	Jumlah sample	total vol sample	keb.bahan (kg)
1	Semen	245.85	0.00126	20	0.0252	6.195504825
2	<i>bottom ash</i>	112.10	0.00126	20	0.0252	2.824873478
3	kapur	40.04	0.00126	20	0.0252	1.008883385
4	Pasir	1909.48	0.00126	20	0.0252	48.11893326
5	Air	152.51	0.00126	20	0.0252	3.843365276

Campuran : 40%

No	Bahan	Jumlah (M3)	Volume Sample (M3)	Jumlah sample	total vol sample	keb.bahan (kg)
1	Semen	226.94	0.00126	20	0.0252	5.718927531
2	<i>bottom ash</i>	128.11	0.00126	20	0.0252	3.228426832
3	kapur	45.75	0.00126	20	0.0252	1.153009583
4	Pasir	1909.48	0.00126	20	0.0252	48.11893326
5	Air	152.51	0.00126	20	0.0252	3.843365276

Campuran : 45%

No	Bahan	Jumlah (M3)	Volume Sample (M3)	Jumlah sample	total vol sample	keb.bahan (kg)
1	Semen	208.03	0.00126	20	0.0252	5.242350237
2	<i>bottom ash</i>	144.13	0.00126	20	0.0252	3.631980186
3	kapur	51.47	0.00126	20	0.0252	1.297135781
4	Pasir	1909.48	0.00126	20	0.0252	48.11893326
5	Air	152.51	0.00126	20	0.0252	3.843365276

Total Kebutuhan Bahan (kg)	
PASIR	343.9104
SEMEN	55.25523
<i>BOTTOM ASH</i>	17.75635
KAPUR TOHOR	5.909174
AIR	20.21079

**Lampiran 8.** Dokumentasi Pembuatan *Paving block*



Gambar 1. Campuran Semen, *Bottom ash*, dan Kapur sesuai mix design



Gambar 2. Pengadukan campuran dengan mesin pengaduk



Gambar 3. Campuran dimasukkan ke dalam cetakan



Gambar 4 . Pencetakan dengan Mesin Press



Gambar 5. Pemberian tanda pada setiap benda uji



Gambar 6. Benda Uji

**Lampiran 9.** Dokumentasi Perawatan *Paving block*



Gambar 1. Perendaman di kolam laboratorium

## Lampiran 10. Dokumentasi Pengujian *Paving block*

### A. Pengukuran Benda uji



Gambar 1. Pengukuran Benda Uji



Gambar 2. Penimbangan Berta Benda uji  
Pemotongan Benda Uji



Gambar 3. Pemotongan Benda Uji



Gambar 4. Hasil Pemotongan Benda Uji Tekan



Gambar 5. Hasil Penotongan Benda Uji Natrium Sulfat



Gambar 6. Hasil Pemotongan Benda Uji Kuat Aus  
Penyerapan Air



Gambar 7. Benda Uji Kering Oven



Gambar 8. Benda Uji Setelah Perendaman 24 Jam  
Ketahanan Aus



Gambar 9. Benda uji kering oven 24 jam



Gambar 10. Benda Uji kering oven diberikan lilin pada sisi samping dan bawah agar lapisan tidak gugus



Gambar 11. Benda uji dalam proses pengausan



Gambar 12. Tampak lapisan atas setelah pengujian aus  
Kekuatan Tekan



Gambar 13. Pengujian kuat tekan



Gambar 14. Benda uji Setelah uji tekan



Gambar 15. Sisa Benda Uji hasil uji tekan

## Ketahanan Natrium Sulfat



Gambar 16. Penimbangan Natrium Sulfat 282 Gram



Gambar 17. Larutan Natrium Sulfat yang sudah di encer kan dengan aquades



Gambar 18. Benda uji di dalam larutan natrium sulfat



Gambar 19. Benda uji setelah direndam natrium sulfat



Gambar 20. Benda uji direbus dalam air selama 1 jam untuk menghilangkan natrium sulfat dalam benda uji



Gambar 21. Benda Uji Setelah di rebus akan di timbang.



Gambar 22. Alat untuk menguji berat jenis

**Lampiran 11. Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving block***

**KELOMPOK A**

No	Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Penyerapan Air A (25%)
1	2300	2403	4.47826087
2	2485	2557	2.897384306
3	2386	2478	3.85582565
4	2376	2457	3.409090909
5	2382	2497	4.827875735
Rata-Rata	2385.8	2478.4	3.893687494

**KELOMPOK B**

No	Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Penyerapan Air B (30%)
1	2300	2376	3.304347826
2	2485	2541	2.253521127
3	2386	2564	7.460184409
4	2376	2524	6.228956229
5	2382	2560	7.472712007
Rata-Rata	2385.8		5.34394432

**KELOMPOK C**

No	Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Penyerapan Air C (35%)
1	2300	2513	9.260869565
2	2248	2407	7.072953737
3	2386	2517	5.490360436
4	2376	2547	7.196969697
5	2382	2570	7.892527288
Rata-Rata	2338.4		7.382736145

**KELOMPOK D**

No	Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Penyerapan Air D(40%)
1	2407	2594	7.769007063
2	2428	2619	7.866556837
3	2394	2584	7.936507937
4	2395	2585	7.933194154
5	2394	2577	7.644110276
Rata-Rata	2403.6		7.829875253

## KELOMPOK E

No	Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Penyerapan Air E(45%)
1	2260	2422	7.168141593
2	2308	2510	8.752166378
3	2332	2650	13.63636364
4	2366	2590	9.467455621
5	2310	2570	11.25541126
Rata-Rata	2315.2		10.0559077

## KELOMPOK N

No	Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Penyerapan Air Normal
1	2400	2576	7.333333333
2	2540	2650	4.330708661
3	2456	2564	4.397394137
4	2477	2670	7.791683488
5	2580	2770	7.364341085
Rata-Rata	2490.6		6.243492141

**Lampiran 12. Hasil Pengujian Kekuatan Aus *Paving block***

**A. Berat jenis**

**KELOMPOK A**

NO	BERAT JENIS		
	Berat Kering (gr)	Volume (ml)	Berat Jenis
1	10.9	4.5	2.422222222
2	10.6	5.2	2.038461538
3	11.2	4.6	2.434782609
4	10.5	3.8	2.763157895
5	10.47	4.2	2.492857143

**KELOMPOK B**

NO	BERAT JENIS		
	Berat Kering (gr)	Volume (ml)	Berat Jenis
1	10.4	4.5	2.311111111
2	11.1	4.2	2.642857143
3	10.3	4.7	2.191489362
4	10.2	4.5	2.266666667
5	10.3	4.2	2.452380952

**KELOMPOK C**

NO	BERAT JENIS		
	Berat Kering (gr)	Volume (ml)	Berat Jenis
1	10.4	5.1	2.039215686
2	10.8	4.3	2.511627907
3	10.2	4.8	2.125
4	10.8	4.6	2.347826087
5	10.7	4.1	2.609756098

## KELOMPOK

D

NO	BERAT JENIS		
	Berat Kering (gr)	Volume (ml)	Berat Jenis
1	10.8	5	2.16
2	11.2	4.1	2.731707317
3	10.6	4.8	2.208333333
4	10.8	4.6	2.347826087
5	10.7	4.9	2.183673469

## KELOMPOK E

NO	BERAT JENIS		
	Berat Kering (gr)	Volume (ml)	Berat Jenis
1	11.1	4.5	2.466666667
2	11.8	5	2.36
3	11.2	4.6	2.434782609
4	10.9	4.8	2.270833333
5	11.3	4.2	2.69047619

## KELOMPOK N

NO	BERAT JENIS		
	Berat Kering (gr)	Volume (ml)	Berat Jenis
1	11	4.8	2.291666667
2	10.8	4.5	2.4
3	10.2	4.3	2.372093023
4	10.3	4.5	2.288888889
5	10.3	4.2	2.452380952





**Lampiran 13.** Hasil Pengujian Natrium Sulfat *Paving block*

## KELOMPOK A

NO	BERAT BENDA UJI (gr)		KEHILANGAN BERAT %	HANCUR
	Sebelum	Setelah		
1	190	188.78	0.642105263	TIDAK HANCUR
2	194	192.57	0.737113402	TIDAK HANCUR
Rata-rata			0.689609333	

## KELOMPOK B

NO	BERAT BENDA UJI (gr)		KEHILANGAN BERAT %	HANCUR
	Sebelum	Setelah		
1	187	185.77	0.657754011	TIDAK HANCUR
2	192	190.93	0.557291667	TIDAK HANCUR
Rata-rata			0.607522839	

## KELOMPOK C

NO	BERAT BENDA UJI (gr)		KEHILANGAN BERAT %	HANCUR
	Sebelum	Setelah		
1	192	190.87	0.588541667	TIDAK HANCUR
2	186	184.25	0.940860215	TIDAK HANCUR
Rata-rata			0.764700941	

## KELOMPOK D

NO	BERAT BENDA UJI (gr)		KEHILANGAN BERAT %	HANCUR
	Sebelum	Setelah		
1	154	152.74	0.818181818	TIDAK HANCUR
2	155	153.89	0.716129032	TIDAK HANCUR
Rata-rata			0.767155425	

## KELOMPOK E

NO	BERAT BENDA UJI (gr)		KEHILANGAN BERAT %	HANCUR
	Sebelum	Setelah		
1	150	148.7	0.866666667	TIDAK HANCUR
2	148	146.63	0.925675676	TIDAK HANCUR
Rata-rata			0.896171171	

## KELOMPOK N

NO	BERAT BENDA UJI (gr)		KEHILANGAN BERAT %	HANCUR
	Sebelum	Setelah		
1	191	189.23	0.926701571	TIDAK HANCUR
2	192	190.93	0.557291667	TIDAK HANCUR
Rata-rata			0.741996619	

**Lampiran 14.** Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block***KELOMPOK N**

No	Ukuran Benda uji (mm)		Beban Maks (Kgf)	Kuat Tekan	
	Panjang	Lebar		Kgf/mm <sup>2</sup>	Sampel N (25%)
1	80.1	80.2	14500	2.25715362	22.13511555
2	80.6	80	14000	2.171215881	21.29235422
3	81	80.4	14750	2.264910018	22.21117983
4	80	80	14000	2.1875	21.45204688
5	80.7	80.1	13000	2.011116835	19.72231891
6	80.5	80.2	14450	2.238193337	21.94917868
7	80.4	80.2	13500	2.093646481	20.53165826
8	80.3	80.4	12250	1.897424459	18.60737757
9	80.1	80	13000	2.028714107	19.8948892
10	80	80.2	13250	2.065149626	20.25219958
Rata”	80.37	80.17	13670	2.121502436	20.80483187

**KELOMPOK A**

No	Ukuran Benda uji (mm)		Beban Maks (Kgf)	Kuat Tekan	
	Panjang	Lebar		Kgf/mm <sup>2</sup>	Sampel A (25%)
1	80	80.2	14500	2.259975062	22.16278445
2	80.6	80	14626	2.268300248	22.24442663
3	81	80.4	15000	2.303298323	22.5876405
4	80	81	15000	2.314814815	22.7005787
5	80.7	80.1	12500	1.933766188	18.96376818
6	80.3	80.2	13000	2.018614733	19.79584818
7	80.4	80.2	12500	1.938561556	19.01079469
8	80.2	80.4	12250	1.899790325	18.63057879
9	80.1	80	13000	2.028714107	19.8948892
10	80	80.2	13500	2.104114713	20.63431655
Rata”	80.33	80.27	13587.6	2.106995007	20.66256259

**KELOMPOK B**

No	Ukuran Benda uji (mm)		Beban Maks (Kgf)	Kuat Tekan	
	Panjang	Lebar		Kgf/mm <sup>2</sup>	Sampel B (30%)
1	80.3	79.9	13500	2.104124552	20.63441303
2	80	80.6	15500	2.403846154	23.57367788
3	81.2	79.8	14250	2.199155524	21.56634852
4	80.6	80.1	13625	2.110420287	20.69615311
5	80.8	80.5	14500	2.229260193	21.86157447
6	80.6	80.2	11500	1.779051131	17.44653178
7	80.3	80.2	12500	1.940975705	19.0344694
8	80.4	80	13250	2.060012438	20.20182097
9	79.8	80	12625	1.977600251	19.3936335
10	80.1	80.1	12125	1.889803788	18.53264431
Rata''	80.41	80.14			20.2941267

**KELOMPOK C**

No	Ukuran Benda uji (mm)		Beban Maks (Kgf)	Kuat Tekan	
	Panjang	Lebar		Kgf/mm <sup>2</sup>	Kuat Tekan C 35%
1	80.3	80.2	10000	1.552780564	15.22757552
2	80.2	80.4	9750	1.512078014	14.82841986
3	81.2	80	10500	1.61637931	15.85126616
4	79.7	80	6000	0.941028858	9.228340652
5	79.8	80	12250	1.918859649	18.81758498
6	80	80.1	12000	1.872659176	18.36451311
7	80.4	80.2	10626	1.647932408	16.16069635
8	79.9	80.3	10000	1.558610779	15.2847504
9	80.1	80	9625	1.502028714	14.72986989
10	80	80.4	10250	1.593594527	15.62782377
Rata''	80.16	80.16			15.41208407

**KELOMPOK D**

No	Ukuran Benda uji (mm)		Beban Maks (Kgf)	Kuat Tekan	
	Panjang	Lebar		Kgf/mm <sup>2</sup>	Kuat Tekan D 40%
1	78	80	9000	1.442307692	14.14420673
2	79.2	80.1	4500	0.709340597	6.956254965
3	78.8	80	5625	0.892290609	8.750381702
4	80	80	9125	1.42578125	13.9821377
5	80.1	79.2	7500	1.182234328	11.59375828
6	80	80.2	6000	0.935162095	9.170807357
7	80.2	80.1	9000	1.400991902	13.73903724
8	79.8	80.3	7500	1.170422944	11.47792816
9	79.7	80	7000	1.097867001	10.76639743
10	80	80	5000	0.78125	7.661445313
Rata''	79.58	79.99			10.82423549

**KELOMPOK E**

	Ukuran Benda uji (mm)		Beban Maks (Kgf)	Kuat Tekan	
	Panjang	Lebar		Kgf/mm <sup>2</sup>	Kuat Tekan E 45%
	81	81	7500	1.143118427	11.21016232
	80	80.5	5750	0.892857143	8.7559375
	80	80	6000	0.9375	9.193734375
	81	80.5	7000	1.073537305	10.52780462
	80	80	5500	0.859375	8.427589844
	80.7	80.2	6000	0.927050404	9.091258842
	80.8	81	5750	0.878560078	8.615731191
	80	80	6725	1.05078125	10.30464395
	80.3	80.4	6000	0.929350756	9.113817587
	80	80.2	6275	0.978023691	9.591136027
	80.38	80.38	6250	0.967015405	9.483181625

**Lampiran 15.** Hasil Pengujian Ukuran dan Tampak *Paving block*

## KELOMPOK N

No	Ukuran Contoh (mm)			Berat (kg)
	Panjang	Lebar	Tebal	
1	212.4	107	75.8	2.675
2	211.2	106.4	77.4	2.765
3	211.4	107.8	77	2.618
4	211.7	107.6	77.9	2.675
5	212.9	106.4	77.4	2.655
6	211.4	106.7	77.74	2.618
7	211.2	102.3	77.4	2.613
8	211.4	107.8	75	2.722
9	211.7	107.6	77.9	2.668
10	212.9	107	77.4	2.632
Rata-Rata	211.82	106.66	77.094	2.6641

## KELOMPOK A

No	Ukuran Contoh (mm)			Berat (kg)
	Panjang	Lebar	Tebal	
1	210.5	107	75.8	2.622
2	210.4	106.4	77.4	2.62
3	212.7	107.8	75	2.642
4	211.9	107.6	77.9	2.675
5	211.7	106.4	77.4	2.665
6	212.4	106.7	77.74	2.618
7	211.2	106.3	77.6	2.613
8	211.4	105.6	78.6	2.622
9	211.7	107.3	76.6	2.668
10	212.9	107	76.2	2.632
Rata-Rata	211.68	106.81	77.024	2.6377

## KELOMPOK

## B

No	Ukuran Contoh (mm)			Berat
	Panjang	Lebar	Tebal	(kg)
1	217.6	108	77.4	2.665
2	218.2	108.3	78.2	2.642
3	213	109	77.3	2.682
4	214.7	107.2	77	2.663
5	213.5	107.4	77.9	2.652
6	214.6	107.5	79	2.702
7	210.2	107	79	2.734
8	212.3	107.2	79.5	2.692
9	214.9	108.4	78.5	2.678
10	212.6	106.2	78.2	2.672
Rata-Rata	214.16	107.62	78.2	2.6782

## KELOMPOK C

No	Ukuran Contoh (mm)			Berat
	Panjang	Lebar	Tebal	(kg)
1	211.6	106.4	78	2.689
2	212.6	106.4	77	2.68
3	211.4	106.5	78.2	2.533
4	211.2	107.6	78.9	2.539
5	212.2	106.7	78.7	2.646
6	212.4	107	79	2.508
7	211.3	106.7	77	2.572
8	211.6	106	75.7	2.402
9	210.7	107	77.6	2.573
10	210.5	107	77.6	2.581
Rata-Rata	211.55	106.73	77.77	2.5723

## KELOMPOK D

No	Ukuran Contoh (mm)			Berat (kg)
	Panjang	Lebar	Tebal	
1	213.7	108	78.5	2.628
2	211.5	106.4	78.1	2.672
3	212	107.7	70	2.625
4	210.3	108.2	77	2.71
5	212.7	107.8	77.6	2.708
6	213.7	110	76.6	2.713
7	214.6	107.6	76.6	2.752
8	209	106.2	70.4	2.715
9	210.8	107	70	2.62
10	211	106.6	77.4	2.51
Rata-Rata	211.93	107.55	75.22	2.6653

## KELOMPOK E

No	Ukuran Contoh (mm)			Berat (kg)
	Panjang	Lebar	Tebal	
1	210.4	107.2	77	2.583
2	211.4	107	76.4	2.532
3	210.4	105.7	78.5	2.56
4	211.5	107.9	77	2.525
5	211.4	108.7	77.3	2.453
6	211.6	106.8	77.1	2.572
7	211.5	106.8	77.4	2.541
8	211.5	107	76.9	2.522
9	210	106.6	76.4	2.527
10	210	101.7	77	2.475
Rata-Rata	210.97	106.54	77.1	2.529

## Lampiran 16. Job Sheet *Paving block*

### JOB SHEET

#### PEMBUATAN DAN PENGUJIAN *PAVING BLOCK*

##### 1.1 Tujuan

Tujuan pembuatan dan pengujian *Paving block* yaitu :

- a. Untuk mengetahui tata cara pembuatan *paving block* yang selanjutnya akan digunakan untuk pengujian *paving block*.
- b. Untuk mengetahui nilai kuat tekan, penyerapan air, ketahanan aus dan ketahanan terhadap natrium sulfat.
- c. Untuk mengetahui prosedur pengujian kuat tekan *paving block*.
- d. Untuk mengetahui prosedur pengujian kuat aus *paving block*.
- e. Untuk mengetahui prosedur pengujian penyerapan air *paving block*.
- f. Untuk mengetahui prosedur pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat *paving block*.
- g. Mampu menghitung hasil pengujian kuat tekan, penyerapan air, ketahanan aus dan ketahanan terhadap natrium sulfat.
- h. Mampu menggunakan peralatan yang digunakan pada setiap pengujian *paving block*.
- i. Mampu mengelompokkan *paving block* berdasarkan hasil pengujian kedalam mutu sesuai SNI 03-0691-1996 tentang *paving block*.

##### 1.2 Teori Singkat

Menurut SNI 03-0691-1996, Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, agregat dengan atau tanpa tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. *Paving block* merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan untuk penutup tanah.

Biasanya digunakan untuk trotoar, lahan parkir maupun area taman. *Paving block* banyak dipilih karena pemasangan yang mudah dan dapat menyerap air melalui sela-sela pemasangan *paving block*. Berdasarkan SNI

03-0691-1996, standar mutu untuk bata beton (*paving block*) dikategorikan menjadi 4 macam, seperti ditunjukkan Tabel 1 di bawah ini:

**Tabel 1 Sifat-Sifat Fisika**

Mutu	Kuat Tekan		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

### 1.3 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan *paving block* yaitu :

- a. Timbangan = 1 buah
- b. Wadah = 2 buah
- c. Mesin pengaduk = 1 buah
- d. Mesin pencetak = 1 buah
- e. Papan kayu = 1 buah (ukuran 50 cm x 30 cm)
- f. Spidol/alat penanda = 1 buah

Bahan yang digunakan untuk pembuatan *paving block* yaitu :

- a. Bahan pengikat (Semen + *Bottom ash* + Kapur)
- b. Pasir
- c. Air

Peralatan yang digunakan untuk pengujian *paving block* yaitu :

- a. Oven = 1 buah
- b. Timbangan = 1 buah
- c. Jangka Sorong = 1 buah
- d. Penggaris Besi = 1 buah

- e. Wadah Kaca = 1 buah
- f. Batang Pengaduk = 1 buah
- g. Sarung Tangan = 1 buah
- h. Mesin Uji Tekan = 1 buah
- i. Mesin Uji Keausan = 1 buah
- j. Mesin Potong = 1 buah
- k. Gelas Ukur = 1 buah
- l. Labu Ukur = 1 buah
- m. Eksikator = 1 buah
- n. Mortar dan Alu = 1 buah
- o. Botol Semprot = 1 buah
- p. Stopwatch = 1 buah
- q. Panci = 1 buah
- r. Kompor = 1 buah
- s. Penjapit = 1 buah
- t. Daftar isian = 1 buah

Bahan yang digunakan untuk pengujian *paving block* yaitu :

- a. Pasir Kuarsa
- b. Aquades
- c. Natrium Sulfat

#### **1.4 Keselamatan Kerja**

- a. Biasakan meletakkan kembali alat dan bahan yang tidak digunakan pada tempat yang telah disediakan.
- b. Pergunakan alat ukur sesuai dengan kegunaan dan cara pemakaiannya.
- c. Gunakan sarung tangan untuk melindungi tangan saat mencampur bahan kimia
- d. Gunakan penjapit saat mengambil benda uji dari larutan kimia atau oven yang masih panas.
- e. Lakukan pencampuran bahan kimia secara hati-hati agar bubuk kimia tidak terhirup.

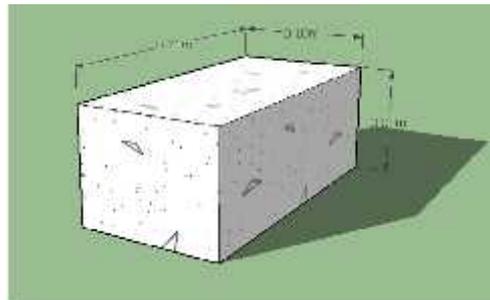
## 1.5 Langkah Kerja

### 1. Pembuatan *Paving block*

- a. Menimbang bahan-bahan penyusun *paving block* yaitu semen, pasir, *bottom ash*, kapur dan air dengan berat yang telah ditentukan dalam perencanaan campuran seperti dibawah ini :

Kelompok Campuran	Kebutuhan Bahan (kg) (1m <sup>3</sup> )				
	Pasir	Semen	<i>Bottom Ash</i>	Kapur	Air
N (Normal)	2190.35	433.87	0.00	0.00	152.51
A (25%)	2190.35	283.68	80.07	28.60	152.51
B (30%)	2190.35	264.77	96.08	34.32	152.51
C (35%)	2190.35	245.85	112.10	40.4	152.51
D (40%)	2190.35	226.94	128.11	45.75	152.51
E (45%)	2190.35	208.03	144.13	51.47	152.51

- b. Mempersiapkan cetakan *paving block* dan peralatan lain yang dibutuhkan.



**Gambar 1.1. Ukuran *Paving block* Yang Akan Dibuat**

- c. Tahap Pengadukan : Masukkan air 70% dari air yang dibutuhkan dengan faktor air semen 0,5 ke mesin pengaduk kemudian masukkan pasir dan bahan pengikat (semen, *bottom ash* dan kapur). Sisa air dimasukkan sedikit demi sedikit dalam jangka waktu  $\pm 3-5$  menit.



**Gambar 1.2 Pencampuran Bahan Pada *Paving block***

- d. Adukan *paving block* dimasukkan cetakan. Adukan diisi hingga penuh kemudian di getarkan lalu di press dengan mesin press *paving block*.



**Gambar 1.3 Pencetakan *Paving block***

- e. Permukaan *paving block* kemudian diratakan apabila terdapat permukaan yang tidak rata.
- f. *Paving block* disusun dengan menggunakan papan kayu sebagai alas terlebih dahulu hingga *paving block* agak mengeras (6 jam).



**Gambar 1.4 *Paving block* Hasil Pencetakan**

- g. *Paving block* yang telah selesai dicetak, didiamkan terlebih dahulu pada suhu ruangan selama 24 jam.
- h. *Paving block* disiram pagi dan sore selama 3 hari kemudian
- i. *Paving block* kemudian direndam dalam air selama 28 hari.
- j. *Paving block* dikeluarkan dari kolam rendaman kemudian dilap hingga permukaannya kering.
- k. *Paving block* diberikan penanda untuk masing-masing pengujian yaitu pengujian tekan, kuat aus, penyerapan air, dan ketahanan terhadap natrium sulfat.

## 2. Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air melalui prosedur sebagai berikut :

- a. *Paving block* diukur sisi-sisi panjang, lebar dan tebal nya menggunakan jangka sorong pada tiga tempat yang berbeda. Kemudian di tulis dalam daftar isian.



**Gambar 2.1. Pengukuran *Paving block* Tiap Sisi**

- b. Timbang berat *paving block* dengan menggunakan timbangan, kemudian isi dalam daftar isian. (W awal)
- c. *Paving block* diberikan penanda benda uji menggunakan spidol/penanda.
- d. Masukkan *paving block* kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 110°C.
- e. Keluarkan *paving block* dari oven kemudian timbang *paving block* dengan menggunakan timbangan. Tulis berat *paving block* pada lembar isian (W1)



**Gambar 2.2 Penimbangan *Paving Block***

- f. Masukkan *paving block* kedalam kolam perendaman selama 24 Jam.
- g. Keluarkan *paving block* dari kolam perendaman kemudian timbang *paving block* dengan menggunakan timbangan. Tulis berat paving block pada lembar isian (W2)
- h. Hitung penyerapan air. Penyerapan air dihitung sebagai berikut :

$$P \quad A = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat *paving block* basah

B = Berat *paving block* kering

### 3. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan melalui prosedur sebagai berikut:

- a. Ambil 10 buah contoh uji masing-masing dipotong berbentuk kubus dengan ukuran yang disesuaikan dengan ketebalan yaitu 8cm x 8 cm x 8 cm.



**Gambar 3.1 Ukuran Untuk Pengujian Kuat Tekan**

- b. Benda uji yang telah dipotong kemudian diukur menggunakan peralatan kapiler dan sejenisnya dengan ketelitian 0,1mm.
- c. Benda uji di masukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110°C.
- d. Benda uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit. Arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakaiannya.



**Gambar 3.2 Pengujian Dengan Mesin Uji Tekan**

- e. Kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$k \quad t_i \quad = \frac{P}{L}$$

Keterangan :

P = Beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

#### 4. Pengujian Ketahanan Aus

Ketahanan aus melalui prosedur sebagai berikut :

- a. Ambil lima buah benda uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x 50 mm dan tebal 20 mm (untuk pengujian ketahanan aus).



**Gambar 4.1 Ukuran Potongan untuk Pengujian Kuat Aus**

- b. Sisa dari pemotongan dibuat benda uji persegi dengan ukuran 50mm x 20 mm dan 20 mm (untuk penentuan berat jenis yang akan digunakan pada perhitungan ketahanan aus)
- c. Benda uji yang akan digunakan untuk aus dan berat jenis dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110° selama 24 jam.
- d. Penandaan berat jenis disesuaikan dengan penandaan pada benda uji aus.
- e. Mesin aus yang dipergunakan, cara-cara mengaus dan mencari berat jenis disesuaikan dengan SNI 03-0028-1987, cara uji ubin semen. Berikut ini merupakan tata cara ubin semen berdasarkan SNI 03-0028-1987:
  - Penentuan berat jenis (benda uji persegi dengan ukuran kurang dari 20 mm). Benda uji dibersihkan kemudian dikeringkan sampai berat tetap lalu ditumbuk dengan alu kemudian ditimbang sampai ketelitian 1 mg.



**Gambar 4.2 Alat yang digunakan dalam Pengujian Berat Jenis**

- Masukkan larutan aquades ke dalam labu ukur sampai batas ukuran terendah pada labu ukur.
- Masukkan benda uji yang sudah dihaluskan dan ditimbang secara perlahan.
- Bacalah berapa volume benda melalui ukuran pada leher labu uji.
- Kemudian dihitung berat jenis dari benda uji ( $B_j$ ) dengan menghitung volume dari benda uji dan berat benda uji. Kemudian hitung berat jenis dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat Jenis} = \text{Massa} / \text{Volume}$$

- Benda uji diukur dan ditimbang, kemudian diletakkan di dalam mesin pengaus yang telah diberi beban tambahan untuk menekan benda uji dan bahan pengaus yaitu pasir kuarsa.
- Mesin pengaus dijalankan selama 2,5 menit kemudian benda uji diputar  $180^\circ$ . Pengujian dilakukan selama 5 menit (w).



**Gambar 4.3 Mesin uji Aus**

- Selama pengausan berlangsung diperhatikan apakah benda uji rusak atau serpih.
- Benda uji yang tidak rusak selama pengausan dibersihkan dengan kuas dan ditimbang dengan ketelitian 10 mg.
- Catat hasil penimbangan dan hitung selisih berat benda uji sebelum dan sesudah diaus (A).
- Ketahanan Aus masing-masing benda uji dihitung sebagai berikut:

$$K \text{ ha } A = \frac{A \times 10 \times 1.222}{B \times 1 \times w} \text{ m } / \text{m}$$

Keterangan:

A = selisih berat benda uji sebelum dan setelah di Aus.

$B_j$  = berat jenis benda uji

$I$  = luas permukaan bidang aus ( $\text{cm}^2$ )

$w$  = waktu pengausan (menit)

1.222 = koefisien mesin uji aus yang digunakan

- Hitung ketahanan aus rata-rata (jumlah dari nilai aus tiap benda uji dibagi dengan jumlah benda uji yang diaus) dinyatakan dalam mm/menit.

## 5. Pengujian Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

Pengujian ketahanan terhadap nartium sulfat dengan prosedur sebagai berikut :

- a. Dua buah benda uji utuh (bekas pengujian ukuran atau penyerapan air) dibersihkan dari kotoran-kotoran yang melekat, kemudian dipotong dengan ukuran 50mm x 50 mm x 10 mm, keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110)°C hingga berat tetap, lalu didinginkan dalam eksisator.



**Gambar 5.1 Ukuran untuk Pengujian Natrium Sulfat**

- b. Larutkan natrium sulfat dengan proporsi 1 liter aquades di campurkan dengan 282 gram natrium sulfat. Gunakan peralatan keselamatan kerja.



**Gambar 5.2 Melarutkan Natrium Sulfat Dan Aquades**

- c. Setelah dingin ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram, kemudian direndam dalam larutan jenuh garam natrium sulfat selama 16 sampai dengan 18 jam, setelah itu diangkat dan didiamkan dulu agar cairan yang berlebihan meniris



**Gambar 5.3 Perendaman Benda uji dalam Natrium Sulfat**

- d. Selanjutnya benda uji dijemur agar terkena cahaya matahari selama 30 menit.
- e. Benda uji dimasukkan kembali kedalam wadah yang berisi larutan jenuh natrium sulfat selama 16 sampai 18 jam.
- f. Ulangi perendaman dan pengeringan yang terkena cahaya matahari sampai 5 kali berturut-turut.
- g. Pada pengeringan yang terakhir, benda uji dicuci sampai tidak ada lagi sisa sisa garam sulfat yang tertinggal.
- h. Untuk mengetahui bahwa tidak ada lagi garam sulfat yang tertinggal, larutan pencucinya dapat diuji dengan larutan  $\text{BaCl}_2$  atau untuk mempercepat pencucian dapat dilakukan pencucian dengan air panas bersuhu kurang lebih  $40\text{-}50^\circ\text{C}$



**Gambar 5.4 Perebusan dalam Air Panas**

- i. Setelah pencucian sampai bersih, benda uji dikeringkan dalam dapur pengering sampai berat tetap ( $\pm 2\text{-}4$  jam), didinginkan dalam eksikator. Kemudian ditimbang lagi sampai ketelitian  $0,1$  gram.

- j. Di samping itu diamati keadaan benda uji apakah setelah perendaman dalam larutan garam sulfat terjadi atau nampak adanya retakan, gugusan atas cacat-cacat lainnya.
- k. Laporkan keadaan setelah perendaman itu dengan kata-kata:
  - Baik/tidak cacat, bila tidak nampak adanya retak-retak atau perubahan lainnya
  - Cacat/retak-retak, bila nampak adanya retak-retak (meskipun kecil), rapuh, dan gugus dan lain-lain.
- l. Apabila selisih penimbangan sebelum perendaman dan setelah perendaman tidak lebih besar dari 1% dan benda uji tidak cacat maka dinyatakan benda-benda uji tadi baik. Bila selisih penimbangan dari 2 diantara 3 benda uji tadi lebih besar dari 1%, sedangkan benda ujinya baik (tidak cacat) dinyatakan bahwa benda uji secara keseluruhan menjadi cacat.

## **1.6 Sumber**

[BSN]. Badan Standarisasi Nasional. *SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (Paving block)*.



### 1.8 Instrumen Penilaian

No	Nama	Aspek Penilaian					Jumlah
		Keselamatan Kerja	Kecepatan Kerja	Hasil Kerja	Hasil Pengujian	Laporan Kerja	

Aspek penilaian diisi sesuai dengan skor berikut :

Rentang Skor	Keterangan Penilaian
1	Tidak Kompeten
2	Cukup Kompeten
3	Kompeten
4	Sangat Kompeten

Skor maksimum = 20

Kriteria penilaian akhir dilakukan sebagai berikut :

- Jumlah Skor 16-20, maka dapat dikategorikan sangat kompeten.
- Jumlah Skor 11-15, maka dapat dikategorikan kompeten
- Jumlah Skor 6-10, maka dapat dikategorikan cukup kompeten
- Jumlah Skor 1-5, maka dapat dikategorikan tidak kompeten

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



RIA NUR HAYNI. Lahir di Jakarta pada tanggal 13 November 1993. Merupakan anak terakhir dari empat bersaudara, dari orang tua H.Supendi dan H.Fatimah. Bertempat tinggal di Jalan Kisam No.123 RT/RW.003/06 Kel. Mekarsari Kec.Cimanggis Depok Jawa Barat.

Menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 05 Pagi Pekayon Jakarta Timur pada tahun 2005. Menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 91 Jakarta pada tahun 2008, menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 98 Jakarta pada tahun 2011. Pada tahun yang sama di terima sebagai mahasiswi Universitas Negeri Jakarta Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan melalui jalur UMB.

Aktif dalam kegiatan organisasi di dalam kampus bagian legislatif baik tingkat Fakultas maupun Universitas dan organisasi luar kampus di Karya Salemba Empat XL Future Leader Batch 3. Telah mengikuti Praktek Keterampilan Mengajar di SMK Negeri 52 Jakarta dan Praktek Kerja Lapangan pada proyek Telkom Landmark Tower Jakarta.