

SKRIPSI

**PEMANFAATAN LIMBAH *GYP SUM BOARD* UNTUK SUBSTITUSI
SEMEN PADA MORTAR SEBAGAI BAHAN DALAM PEMBUATAN
*PAVING BLOCK***

Disusun dan diajukan oleh

ADY PUTRA RAMADHAN

D051171024



DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

HALAMAN SAMPUL

SKRIPSI

**PEMANFAATAN LIMBAH *GYPSUM BOARD* UNTUK SUBSTITUSI
SEMEN PADA MORTAR SEBAGAI BAHAN DALAM PEMBUATAN
*PAVING BLOCK***

Disusun dan diajukan oleh

ADY PUTRA RAMADHAN

D051171024



DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

“Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Untuk Substitusi Semen Pada Mortar Sebagai Bahan Dalam Pembuatan Paving Block”

Disusun dan diajukan oleh

Ady Putra Ramadhan
D051171024

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 14 Juni 2022

Menyetujui

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Victor Sampebulu', M.Eng
NIP. 19520529 198011 1 001

Pembimbing II

Dr. Eng. Ir. Nasruddin, ST. MT.
NIP. 19710316 199702 1 001

Mengetahui

Ketua Program Studi Arsitektur



Dr. Ir. H. Edward Syarif, MT.
NIP. 19690612 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Ady Putra Ramadhan
NIM : D051171024
Program Studi : Departemen Arsitektur
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

“PEMANFAATAN LIMBAH *GYP SUM BOARD* UNTUK SUBSTITUSI SEMEN PADA MORTAR SEBAGAI BAHAN DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK*”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa **skripsi** yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi **skripsi** ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 14 Juni 2022

Yang Menyatakan



(Ady Putra Ramadhan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan anugerah, berkat, dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik guna sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan para sahabatnya. Karena berkat rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“PEMANFAATAN LIMBAH GYPSUM BOARD UNTUK SUBSTITUSI SEMEN PADA MORTAR SEBAGAI BAHAN DALAM PEMBUATAN PAVING BLOCK”**.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang berperan penting yaitu :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Victor Sampebulu', M.Eng. dan Bapak Dr. Eng. Nasruddin, ST., MT. selaku dosen pembimbing, yang telah banyak memberikan dukungan, masukan, bimbingan serta meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT. selaku Ketua Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Imriyanti, ST., MT. dan Ibu Pratiwi Mushar, ST., MT. selaku dosen penguji dari skripsi ini.
4. Ibu Dr. Rahmi Amin Ishak ST., MT. selaku dosen pembimbing akademik penulis.
5. Bapak/Ibu seluruh Dosen Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, atas segala perhatian dan bimbingannya, sehingga perkuliahan dan penyusunan skripsi ini berjalan lancar.

6. Seluruh Pegawai/Staf/Karyawan administrasi Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuan selama ini kepada penulis.
7. Teristimewa di hati buat keluarga saya, terutama kepada kedua orang tua saya, Ayahanda Taufik dan Ibunda Nurlina yang selalu memberikan doa, motivasi, semangat dan nasehat kepada saya. Terima kasih atas segala pengorbanan, cinta, kasih sayang dan doa yang tiada batas untuk saya. Untuk adik saya tercinta Astika Putri yang telah banyak membantu dan memberi semangat selama ini, terima kasih atas doanya. Dan keluarga besar saya yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada saya.
8. Kakanda A. Dian Mega Tenri Pada, S. Ars, selaku staf Laboratorium Bahan, Struktur dan Konstruksi Bangunan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku Senior di Departemen Arsitektur Angkatan 2014, yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan pengarahan kepada saya selama pelaksanaan penelitian di Laboratorium.
9. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Bahan, Struktur, dan Konstruksi Bangunan, Kharum Abadi'17, Arnas'17, Andi Nur Israfiyah'17, Al Mujahid Islamy'17, Novrio Bangalino'17, dan Chyntia Wijaya'17 yang telah banyak membantu dan memberikan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung selama pelaksanaan penelitian.
10. Azwar Herachman yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian. Serta rekan Reski Wardani yang selalu memberikan masukan dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
11. Terima kasih atas bantuannya buat rekan-rekan mahasiswa Departemen Arsitektur Angkatan 2017 (SIMETRI 17), Muh. Arief Hardiansyah, Arman Budi Santoso, William Kevin Gozali, Nurlaila, Mutiara Ramadhani, Nandhiga Maulana, Putri Amini, Hamka Idrus, Rian Saputra, Siti Sarah, Rifdah Afifah, Khaerira Ramanda, Waode Denti Damayanti, dan teman-teman angkatan 2017 yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.
12. Dan untuk semua orang, yang tidak mungkin saya tuliskan satu-persatu atas dukungannya yang sangat baik dengan kerendahan hati saya meminta maaf

yang sebesar-besarnya, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT, dan saya hanya manusia yang penuh kekhilafan.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Yang disebabkan keterbatasan pengetahuan dan kurangnya pemahaman saya dalam hal ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati saya sangat menghrapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi perbaikan menjadi lebih baik. Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat menjadi bahan baca, acuan, atau perbandingan penelitian-penelitian selanjutnya di masa yang akan datang.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Semoga segala bantuan yang tidak ternilai harganya ini mendapat imbalan di sisi Allah SWT sebagai amal ibadah. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Gowa, 14 Juni 2022

Penulis,

Ady Putra Ramadhan

D051171024

ABSTRAK

ADY PUTRA RAMADHAN, 2022, **Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* Untuk Substitusi Semen Pada Mortar Sebagai Bahan Dalam Pembuatan *Paving Block***, Skripsi, Program Studi Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
(dibimbing oleh Dr. Ir. Viktor Sampebulu', M.Eng. dan Dr. Eng. Nasruddin, ST., MT.)

Meningkatnya kebutuhan *paving block* sebagai bahan infrastruktur, sejalan dengan meningkatnya produktifitas dalam pembuatan *paving block*. Sehingga mengakibatkan ketersediaan bahan baku pembuatannya seperti semen menjadi menipis dan akan menimbulkan eksploitasi sumber daya alam secara terus-menerus. Untuk meminimalisir penggunaan semen maka dilakukan penelitian ini dengan menggunakan limbah *gypsum board* sebagai bahan substitusi semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah *gypsum board* sebagai bahan substitusi semen pada *paving block* serta ingin mengetahui nilai kuat tekan optimum dan daya serap air pada penggunaan limbah *gypsum board*. Pada penelitian ini variasi yang digunakan adalah 0% (normal) dan 30% limbah *gypsum board* dengan perbandingan semen dan pasir yaitu 1 : 4 dan nilai fas sebesar 40%. Penelitian ini menggunakan metode perawatan basah (*wet curing*). Pengujian kuat tekan dan daya serap air dilakukan pada umur perawatan 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dan daya serap air mengacu pada SNI-03-0691-1996 bata beton (*paving block*). Dari hasil pengujian kuat tekan didapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada *paving block* 30% limbah *gypsum board* yaitu sebesar 27,90 Kg/cm² atau setara dengan 2,74 Mpa pada umur perawatan 14 hari. Untuk pengujian daya serap air terkecil pada *paving block* 30% limbah *gypsum board* didapatkan sebesar 9,89% pada umur perawatan 28 hari.

Kata kunci : *Paving block*, Limbah *gypsum board*, Kuat tekan, Daya serap air.

ABSTRACT

ADY PUTRA RAMADHAN, 2022, Utilization of Gypsum Board Waste for Cement Substitution in Mortar as Material in Paving Block Making, Thesis, Study Program of the Department of Architecture, Faculty of Engineering, Hasanuddin University.

(supervised by Dr. Ir. Viktor Sampebulu', M.Eng. and Dr. Eng. Nasruddin, ST., MT.)

The increasing need for paving blocks as infrastructure material is in line with the increasing productivity in the manufacture of paving blocks. This results in the availability of raw materials for manufacture such as cement to be depleted and will lead to continuous exploitation of natural resources. To minimize the use of cement, this research was carried out using gypsum board waste as a cement substitution material. The purpose of this study was to determine the effect of using gypsum board waste as a substitute for cement in paving blocks and to determine the value of optimum compressive strength and water absorption in the use of gypsum board waste. In this study, the variation used was 0% (normal) and 30% gypsum board waste with a ratio of cement and sand that is 1: 4 and a value of 40% for fas. This study used the wet curing method. Tests for compressive strength and water absorption were carried out at treatment ages of 3, 7, 14, 21, and 28 days. The test of compressive strength and water absorption refers to SNI-03-0691-1996 concrete brick (paving block). From the results of the compressive strength test, the highest compressive strength value was found in paving blocks of 30% gypsum board waste, which was 27.90 Kg/cm² or equivalent to 2.74 Mpa at 14 days of treatment. For testing the smallest water absorption on paving blocks 30% gypsum board waste was obtained at 9.89% at 28 days of treatment.

Keywords: *Paving block, Gypsum board waste, Compressive strength, Water absorption.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan	5
G. Keaslian Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. <i>Paving Block</i>	9
B. Syarat Mutu <i>Paving Block</i>	10
C. Klasifikasi <i>Paving Block</i>	11
D. Keuntungan dan Kelemahan <i>Paving Block</i>	12

E.	Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	12
F.	Pengujian <i>Paving Block</i>	24
G.	Metode Perawatan Basah (<i>Wet Curing</i>)	27
H.	Penelitian Sebelumnya	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		31
A.	Jenis Penelitian	31
B.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	31
C.	Sumber Data	31
D.	Variabel Penelitian	32
E.	Diagram Alur Penelitian.....	33
F.	Tahapan dan Prosedur Penelitian	34
G.	Tahap Analisis Data.....	46
H.	Kerangka Pikir Penelitian.....	46
I.	Alur Pikir Penelitian	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		50
A.	Hasil Pengujian Material	50
B.	Hasil Perhitungan Kebutuhan Material	55
C.	Pembuatan Benda Uji <i>Paving Block</i>	57
D.	Pencetakan Benda Uji <i>Paving Block</i>	59
E.	Perawatan Benda Uji <i>Paving Block</i>	60
F.	Pengujian Benda Uji <i>Paving Block</i>	60
G.	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji <i>Paving Block</i>	61
H.	Hasil Pengujian Daya Serap Air Benda Uji <i>Paving Block</i>	74
I.	Hubungan Kuat Tekan dan Daya Serap Air pada <i>Paving Block</i>	84
J.	Hasil Pengujian <i>Paving Block</i> Dari Segi Pengamatan (Visual)	87

BAB V PENUTUP	90
A. Kesimpulan.....	90
B. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN.....	94

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Keaslian Penelitian.....	7
Tabel 2. 1 Sifat Fisika <i>Paving Block</i> Berdasarkan Mutunya	11
Tabel 2. 2 Komposisi Bahan Utama Semen.....	14
Tabel 2. 3 Jenis-jenis Semen Portland Dengan Sifat-sifatnya	17
Tabel 2. 4 Syarat Mutu Agregat Halus.....	19
Tabel 2. 5 Gradasi Agregat Halus Berdasarkan Zona Kekerasan	20
Tabel 2. 6 Komposisi Bahan Kimia <i>Gypsum</i>	23
Tabel 2. 7 Berat Jenis <i>Gypsum</i>	23
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian.....	32
Tabel 3. 2 Komposisi Campuran <i>Paving Block</i>	42
Tabel 3. 3 Jumlah Benda Uji <i>Paving Block</i>	42
Tabel 4. 1 Hasil Data Pengujian Analisa Gradasi Pasir	51
Tabel 4. 2 Tabel Gradasi Agregat Halus (Pasir)	52
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Satuan Pasir.....	54
Tabel 4. 4 Hasil Data Berat Jenis Pasir dan Penyerapan Air	54
Tabel 4. 5 Hasil Data Kadar Lumpur Dalam Pasir	55
Tabel 4. 6 Kebutuhan Material per Benda Uji	56
Tabel 4. 7 Total Kebutuhan Material Benda Uji.....	56
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 3 Hari.....	62
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 7 Hari.....	63
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 14 Hari.....	65
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 21 Hari.....	67
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 28 Hari.....	68
Tabel 4. 13 Hasil Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Semua Variasi.....	70
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 3 Hari	75
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 7 Hari	76
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 14 Hari	78
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 21 Hari	79

Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 28 Hari	81
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Semua Variasi	82
Tabel 4. 20 Hubungan Kuat Tekan dan Daya Serap Air <i>Paving Block</i> 30% Limbah <i>Gypsum Board</i>	85
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian <i>Paving Block</i> Secara Visual.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Semen Portland Tipe I.....	18
Gambar 2. 2 Limbah <i>Gypsum Board</i> dari Sisa Konstruksi Bangunan.....	24
Gambar 2. 3 Prosedur Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3. 2 Cetakan Silinder 15 cm x 30 cm	35
Gambar 3. 3 Limbah <i>Gypsum Board</i> Sisa Konstruksi Bangunan (Kiri) dan Limbah <i>Gypsum Board</i> yang Telah Dijadikan Serbuk (Kanan)	41
Gambar 3. 4 Skema Kerangka Pikir Penelitian.....	48
Gambar 3. 5 Skema Alur Pikir Penelitian.....	49
Gambar 4. 1 Hasil Uji Visual Semen Tonasa	51
Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Analisis Gradasi Pasir.....	53
Gambar 4. 3 Persiapan Material Campuran <i>Paving Block</i>	57
Gambar 4. 4 Pencampuran Material <i>Paving Block</i>	59
Gambar 4. 5 Pencetakan Benda Uji <i>Paving Block</i>	59
Gambar 4. 6 Perawatan Basah (<i>Wet Curing</i>) Benda Uji <i>Paving Block</i>	60
Gambar 4. 7 Grafik Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 3 Hari.....	62
Gambar 4. 8 Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> PV ₀ (Kiri) dan Uji Kuat Tekan <i>Paving</i> <i>Block</i> PV ₁ (Kanan) Umur 3 Hari	63
Gambar 4. 9 Grafik Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 7 Hari.....	64
Gambar 4. 10 Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> PV ₀ (Kiri) dan Uji Kuat Tekan <i>Paving</i> <i>Block</i> PV ₁ (Kanan) Umur 7 Hari	64
Gambar 4. 11 Grafik Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 14 Hari.....	65
Gambar 4. 12 Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> PV ₀ (Kiri) dan Uji Kuat Tekan <i>Paving</i> <i>Block</i> PV ₁ (Kanan) Umur 14 Hari	66
Gambar 4. 13 Grafik Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 21 Hari.....	67
Gambar 4. 14 Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> PV ₀ (Kiri) dan Uji Kuat Tekan <i>Paving</i> <i>Block</i> PV ₁ (Kanan) Umur 21 Hari	68
Gambar 4. 15 Grafik Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 28 Hari.....	69

Gambar 4. 16 Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> PV ₀ (Kiri) dan Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> PV ₁ (Kanan) Umur 28 Hari	69
Gambar 4. 17 Grafik Hasil Kuat Tekan <i>Paving Block</i> pada Semua Variasi.....	71
Gambar 4. 18 Barchart Hasil Kuat Tekan <i>Paving Block</i> pada Semua Variasi	71
Gambar 4. 19 Benda Uji <i>Paving Block</i> yang Belum Terdapat Keretakan pada Umur Perawatan Basah (<i>Wet Curing</i>) 14 Hari	73
Gambar 4. 20 Benda Uji <i>Paving Block</i> Yang Terdapat Keretakan pada Umur Perawatan Basah (<i>Wet Curing</i>) 21 dan 28 Hari.....	74
Gambar 4. 21 Grafik Nilai Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 3 Hari.....	75
Gambar 4. 22 Uji Daya Serap Air <i>Paving Block</i> PV ₀ dan PV ₁ Umur 3 Hari.....	76
Gambar 4. 23 Grafik Nilai Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 7 Hari.....	77
Gambar 4. 24 Uji Daya Serap Air <i>Paving Block</i> PV ₀ dan PV ₁ Umur 7 Hari.....	77
Gambar 4. 25 Grafik Nilai Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 14 Hari.....	78
Gambar 4. 26 Uji Daya Serap Air <i>Paving Block</i> PV ₀ dan PV ₁ Umur 14 Hari.....	79
Gambar 4. 27 Grafik Nilai Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 21 Hari.....	80
Gambar 4. 28 Uji Daya Serap Air <i>Paving Block</i> PV ₀ dan PV ₁ Umur 21 Hari.....	80
Gambar 4. 29 Grafik Nilai Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Umur 28 Hari.....	81
Gambar 4. 30 Uji Daya Serap Air <i>Paving Block</i> PV ₀ dan PV ₁ Umur 28 Hari.....	82
Gambar 4. 31 Grafik Hasil Daya Serap Air <i>Paving Block</i> pada Semua Variasi...	83
Gambar 4. 32 Barchart Hasil Daya Serap Air <i>Paving Block</i> pada Semua Variasi	83
Gambar 4. 33 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Daya Serap Air <i>Paving Block</i> 30% Limbah <i>Gypsum Board</i>	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Analisis Saringan Agregat Halus (Pasir).....	95
Lampiran 2	Pengujian Berat Satuan Agregat Halus (Pasir).....	96
Lampiran 3	Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus (Pasir) .	97
Lampiran 4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir).....	98
Lampiran 5	Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir).....	99
Lampiran 6	Perhitungan Rencana Campuran (<i>Mix Design</i>)	100
Lampiran 7	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 3 Hari	104
Lampiran 8	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 7 Hari	105
Lampiran 9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 14 Hari	106
Lampiran 10	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 21 Hari	107
Lampiran 11	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 28 Hari	108
Lampiran 12	Hasil Pengujian Daya Serap Air Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 3 Hari	109
Lampiran 13	Hasil Pengujian Daya Serap Air Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 7 Hari	110
Lampiran 14	Hasil Pengujian Daya Serap Air Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 14 Hari	111
Lampiran 15	Hasil Pengujian Daya Serap Air Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 21 Hari	112
Lampiran 16	Hasil Pengujian Daya Serap Air Benda Uji <i>Paving Block</i> Umur 28 Hari	113
Lampiran 17	Dokumentasi Penelitian.....	114

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dimasa sekarang pembangunan infrastruktur di Indonesia berkembang begitu pesat. Sehingga menyebabkan kebutuhan akan material bangunan menjadi semakin besar. Salah satu bahan material yang dibutuhkan adalah *paving block*. *Paving block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya (SNI 03-0691-1996). *Paving block* banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan merupakan salah satu alternatif pilihan untuk lapisan perkerasan permukaan tanah.

Meningkatnya kebutuhan *paving block* yang semakin tinggi sebagai bahan infrastruktur maka akan sejalan dengan meningkatnya produktifitas dalam pembuatan *paving block*, sehingga dapat mengakibatkan ketersediaan bahan baku pembuatan *paving block* seperti semen menjadi menipis dan akan menimbulkan terjadinya eksploitasi sumber daya alam secara terus menerus. Selain dari itu, semen juga merupakan sumber dari sekitar 8% emisi karbon dioksida (CO₂) dunia, menurut lembaga penelitian Chatham House. Untuk mengatasi hal tersebut, telah banyak upaya yang dilakukan untuk mengurangi penggunaan semen dengan memanfaatkan bahan limbah dan produk sampingan seperti *fly ash*, *silica fume*, *bottom ash*, limbah marmer, limbah gergajian batu andesit, serbuk batu karang, abu cangkang sawit, abu bonggol jagung, limbah olahan abu teh, serta lumpur lapindo sebagai bahan alternatif dalam pengganti sebagian semen.

Dalam hal ini peneliti akan melakukan penelitian serupa sebagai upaya untuk menemukan sumber lain sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen. Bahan alternatif tersebut didapat dengan memanfaatkan limbah-limbah industri dan konstruksi yang selama ini dibiarkan begitu

saja. Salah satu limbah industri dan konstruksi yang dapat dimanfaatkan adalah limbah *gypsum board*.

Gypsum board merupakan bahan material yang kaya akan mineral sering kali digunakan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan konstruksi. *Gypsum board* dapat ditemukan dengan mudah diberbagai daerah di Indonesia sehingga dapat dimanfaatkan. *Managing Director Product Saint-Gobain Construction Products Indonesia*, Hantarman Budiono menyatakan bahwa penggunaan *gypsum board* di Indonesia sekarang ini sekitar 100 juta m² dari jumlah penduduk yang mencapai hampir 260 juta jiwa. Sedangkan jumlah limbah dari *gypsum board* yang ada di Indonesia sebanyak 450.000 ton/tahun, yang akan berpotensi mencemarkan lingkungan. Pada peraturan pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan Limbah B3, limbah *gypsum board* sudah termasuk kedalam limbah B3 yang apabila dibiarkan begitu saja dapat menimbulkan berbagai penyakit di lingkungan masyarakat.

Beberapa peneliti sebelumnya telah memanfaatkan limbah *gypsum board* ini sebagai bahan tambah atau bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton atau mortar. Salah satunya adalah Ibnu Dwiki Permana yang dalam penelitiannya tentang penggunaan limbah *gypsum board* sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan batako berlubang. Oleh karena itu, pada penelitian ini juga akan mencoba menggunakan limbah *gypsum board* sebagai bahan alternatif untuk meminimalisir penggunaan semen dalam produksi *paving block*. Sehingga penulis membuat penelitian ini dengan judul **“Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Untuk Substitusi Semen pada Mortar Sebagai Bahan Dalam Pembuatan Paving Block”**, dengan harapan limbah *gypsum board* ini dapat meningkatkan mutu dari *paving block* serta dapat menghasilkan produk *paving block* yang ramah lingkungan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka secara spesifik masalah pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapakah nilai kuat tekan tertinggi *paving block* yang dihasilkan dengan penggunaan substitusi limbah *gypsum board* sebanyak 30% dari berat semen?
2. Berapakah nilai daya serap air *paving block* yang dihasilkan dengan penggunaan substitusi limbah *gypsum board* sebanyak 30% dari berat semen?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah *gypsum board* sebagai bahan substitusi semen terhadap kuat tekan dan daya serap air pada *paving block*?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai kuat tekan tertinggi *paving block* yang dihasilkan dengan penggunaan substitusi limbah *gypsum board* sebanyak 30% dari berat semen.
2. Mengetahui nilai daya serap air *paving block* yang dihasilkan dengan penggunaan substitusi limbah *gypsum board* sebanyak 30% dari berat semen.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan limbah *gypsum board* sebagai bahan substitusi semen terhadap kuat tekan dan daya serap air pada *paving block*.

D. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini maka akan diperoleh beberapa manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui manfaat penggunaan limbah *gypsum board* sebagai bahan substitusi semen pada pembuatan *paving block*.
2. Sebagai alternatif untuk mengurangi penggunaan semen serta mengurangi masalah limbah *gypsum board* di lingkungan masyarakat.
3. Memberikan wawasan bagi industri dan mahasiswa tentang limbah dari bahan bangunan yang dapat dijadikan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block*.

E. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, batasan masalah pada penelitian ini yaitu hanya dibatasi mengenai studi dalam pembuatan *paving block* dengan menggunakan limbah *gypsum board* sebagai bahan substitusi semen. Batasan-batasan masalah diliputi adalah sebagai berikut :

1. Variasi limbah *gypsum board* sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan *paving block* yaitu 0% dan 30% dari berat semen.
2. Limbah *gypsum board* diperoleh dari sisa potongan hasil konstruksi bangunan.
3. Semen yang digunakan adalah semen Portland jenis I.
4. Agregat halus (pasir) lolos saringan No.8 dan tertahan di saringan No. 200.
5. Bahan substitusi yaitu limbah *gypsum board* yang digunakan lolos saringan No. 200.
6. Standar pengujian pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving Block*).
7. Pengujian yang akan dilakukan yaitu uji kuat tekan dan daya serap air.
8. Pengujian kuat tekan dengan campuran limbah *gypsum board* menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*).
9. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
10. Pengujian dilakukan pada umur perawatan 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

11. Metode perawatan yang dilakukan adalah metode perawatan basah (*wet curing*).
12. Tidak membahas secara mendetail mengenai reaksi kimia yang terjadi pada campuran terhadap bahan-bahan yang digunakan.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini bertujuan untuk membagi kerangka masalah dalam beberapa bagian, dengan maksud agar masalah yang dibahas menjadi jelas dan mudah diikuti. Adapun urutan-urutan penyajiannya adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini mengurai tentang gambaran umum latar belakang mengenai pemilihan judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dalam penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian bab ini akan diuraikan tentang landasan teori, dan hasil riset terdahulu, kemudian dijelaskan hal-hal teori yang berhubungan dengan apa yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu menguraikan teori secara singkat, gambaran umum mengenai *paving block*, syarat mutu *paving block*, material penyusun *paving block*, limbah *gypsum board*, serta mencantumkan hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan judul penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini berisi tentang metode penelitian yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian dari mulai awal persiapan hingga mencapai hasil dari penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan bahasan mengenai hasil pengujian karakteristik agregat halus, hasil perhitungan *mix design*, persiapan material substitusi semen, pencampuran bahan, proses pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan hasil pengujian benda uji.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil analisis masalah serta saran-saran yang diusulkan.

G. Keaslian Penelitian

Tabel 1. 1 Keaslian Penelitian

PENELITI	Resti Fitriana, Sulfah Anjar wati, Amris Azizi	Ibnu Dwiki Permana	Abdul Rachman Djamaluddin, Muhammad Akbar Caronge, M. W. Tjaronge, Asiyanthi T. Lando, Ria Irmawaty	Didik Hadi Prayogo, Ahmad Ridwan, Sigit Winarto	Riza Habibie	Ady Putra Ramadhan
TAHUN PENELITIAN	2016	2017	2019	2019	2020	2021
JUDUL PENELITIAN	Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Fly Ash dan Kapur Terhadap Kuat Tekan Paving Block	Pemanfaatan Limbah <i>Gypsum Board</i> Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako	<i>Evaluation of Sustainable Concrete Paving Blocks Incorporating Processed Waste Tea Ash</i>	Pemanfaatan Limbah <i>Gypsum Board</i> dan Batu Bata Merah Untuk Substitusi Semen Pada Pembuatan Beton	Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Pada <i>Paving Block</i>	Pemanfaatan Limbah <i>Gypsum Board</i> Untuk Substitusi Semen Pada <i>Paving Block</i>

MATERIAL SUBSTITUSI	<i>Fly Ash</i> dan Kapur	Limbah <i>Gypsum Board</i>	Limbah Olahan Abu teh	<i>Gypsum Board</i> dan Batu Bata Merah	Limbah Serbuk Marmer	Limbah <i>Gypsum Board</i>
VARIASI CAMPURAN	0%, 6%, 12%, dan 18%.	0%, 15%, 20%, 25%, dan 30% .	10%, 20%, 30%, 40%, dan 60%.	5%, 10%, dan 15%.	0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%.	0%, dan 30%.
VARIABEL PENELITIAN	Kuat tekan dan penyerapan air	Kuat tekan, tampak dan ukuran, serta daya serap air	Kuat tekan dan daya serap air	Kuat tekan	Kuat tekan dan penyerapan air	Kuat tekan dan penyerapan air
UKURAN BENDA UJI	Cetakan kubus 6 x 6 x 6 cm, dan untuk Cetakan persegi panjang 20 x 10 x 6 cm	Cetakan batako berlubang 40 x 10 x 20 cm dengan dimensi lubang 8 x 17 x 3 cm sebanyak 3 lubang.	Cetakan persegi panjang 20 x 10 x 7 cm	Cetakan kubus 15 x 15 x 15 cm	Cetakan persegi panjang 20 x 10 x 6 cm	Cetakan Silinder 15 x 30 cm.
UMUR PENGUJIAN	28 Hari	28 Hari	7 dan 28 Hari	28 Hari	7, 14, dan 28 Hari	3, 7, 14, 21, dan 28 Hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Paving Block*

Paving block mulai dikenal dan dipakai di Indonesia sejak tahun 1977/1978. *Paving block* mempunyai beberapa variasi bentuk untuk memenuhi selera pemakai. Penggunaan *paving block* ini disesuaikan dengan tingkat kebutuhan, misalnya saja digunakan sebagai tempat parkir, terminal, jalan setapak, dan juga perkerasan jalan di kompleks-kompleks perumahan serta untuk keperluan lainnya. *Paving Block* merupakan produk bahan bangunan dari semen yang digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah. *Paving block* dikenal juga dengan sebutan bata beton (*concrete block*) atau *cone block*.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton. Sebagai bahan penutup atau pengerasan permukaan tanah, *paving block* sangat luas penggunaannya untuk berbagai keperluan mulai dari keperluan yang sederhana sampai penggunaan yang memerlukan spesifikasi khusus. *Paving block* dapat digunakan untuk pengerasan jalan di kompleks perumahan atau kawasan permukiman, memperindah trotoar jalan di kota-kota, memperindah taman, pekarangan dan halaman rumah, pengerasan area parkir, area perkantoran, pabrik, taman dan halaman sekolah, serta di kawasan hotel dan restoran.

Paving block dapat dikatakan sebagai bahan penutup atau pengerasan permukaan tanah yang berwawasan lingkungan karena tidak menimbulkan kebisingan dan gangguan debu pada saat pengerjaannya serta dapat berfungsi sebagai media peresapan air disaat terjadi genangan. *Paving block* memiliki bentuk segiempat ataupun segibanyak dan dapat pula berwarna

seperti aslinya ataupun diberikan zat pewarna dalam komposisi pembuatannya.

Sehubungan dengan standar kualitas *paving block*, standar kualitas yang diteliti adalah *larger the better* untuk kuat tekan, dan *smaller the better* untuk persentase serapan air (*absorpsi*). Semakin tinggi nilai kuat tekannya maka *paving block* semakin bagus. Sedangkan semakin rendah nilai persentase serapan airnya (*absorpsi*) maka produk *paving block* semakin kuat. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block* dengan mutu terendah adalah mutu D yang paling tidak memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 100 Kg/cm² dan persentase serapan air rata-rata maksimum 10%.

B. Syarat Mutu *Paving Block*

Paving block dengan kualitas baik adalah *paving block* yang mempunyai nilai kuat tekan tinggi serta nilai persentase serapan air (*absorpsi*) yang rendah. Beberapa syarat mutu yang harus dipenuhi pada *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

1. Sifat Tampak

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

2. Ukuran

Paving block harus mempunyai ukuran tebal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$.

3. Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

Paving block apabila diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1%.

4. Sifat Fisika

Paving block harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Sifat Fisika *Paving Block* Berdasarkan Mutunya

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
	Rata- Rata	Min	Rata-rata	Min	
A	40	35	0,09	0,103	3
B	20	17	0,13	1,149	6
C	15	12,5	0,16	1,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

Pada umumnya, *paving block* memiliki ketebalan sekitar 60 mm sampai 80 mm dengan toleransi ± 20 mm untuk bidan dan ± 3 mm untuk ukuran tebal.

Adapun persyaratan ketebalan *paving block* pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. 60 mm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan dengan frekuensi terbatas, misalnya : sepeda motor dan pejalan kaki.
2. 80 mm, digunakan untuk beban lalu lintas sedang atau berat dan padat frekuensinya, misalnya : mobil, pick up, truk, dan bus.
3. 100 mm, digunakan untuk beban lalu lintas super berat, misalnya : tronton atau loader.

C. Klasifikasi *Paving Block*

Pada SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*) diklasifikasikan menjadi 4 macam berdasarkan mutunya, yaitu :

1. *Paving block* mutu A, digunakan untuk jalan.
2. *Paving block* mutu B, digunakan untuk pelataran parkir.
3. *Paving block* mutu C, digunakan untuk pejalan kaki.
4. *Paving block* mutu D, digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

D. Keuntungan dan Kelemahan *Paving Block*

Beberapa keunggulan dan kelemahan dalam penggunaan *paving block* adalah sebagai berikut :

1. Keuntungan dari *paving block* sebagai berikut :
 - a. *Paving block* lebih mudah dipasang karena tidak membutuhkan keahlian khusus dan langsung dapat digunakan tanpa harus menunggu pengerasan seperti pada beton.
 - b. Tidak membutuhkan alat berat pada saat dipasang.
 - c. Perbandingan harganya yang lebih rendah dari pada jenis perkerasan yang lain serta dalam hal pemeliharaan, *paving block* termasuk mudah dan murah.
 - d. Penyerapan air yang tinggi sehingga dapat mengurangi genangan air.
 - e. Banyaknya pilihan bentuk yang beragam sehingga dapat menjadikan perkerasan terlihat estetik.
 - f. Dapat diproduksi secara massal sesuai dengan mutu yang diinginkan.
2. Kelemahan dari *paving block* adalah sebagai berikut :
 - a. *Paving block* kurang cocok digunakan pada lahan yang dilalui oleh kendaraan berat dan berkecepatan tinggi.
 - b. Pasangan *paving block* mudah bergelombang apabila kondisi tanahnya tidak rata dan pemasangannya kurang kuat.
 - c. Sering terjadi pemasangan yang kurang cocok, sehingga mudah lepas dari sambungannya dan menghasilkan jalan yang tidak merata.

E. Bahan Penyusun *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996, bahan penyusun dalam pembuatan *paving block* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Semen

Semen merupakan bahan penyusun utama dalam pembuatan *paving block*. Arti kata dari semen adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* maupun *kohesif*, yaitu bahan pengikat. Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0013-1981), semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari kalsium silikat hidraulis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang dihaluskan bersama-sama dengan bahan utamanya.

Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen terbuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Semen berfungsi untuk membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut. Bahan utama dari semen portland adalah batu kapur yang mengandung komponen utama yaitu kapur (CaO) dan tanah liat yang mengandung komponen silica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), oksida besi (Fe₂O₃), magnesium (MgO), sulfur (SO₃), serta soda/potash (Na₂+K₂O). sedangkan bahan penyusun semen lainnya yang jumlahnya kecil dari berat semen yaitu MgO, TiO, Mn₂O₃, K₂O, dan Na₂O. Komposisi dari bahan utama pembuatan semen dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 2 Komposisi Bahan Utama Semen

Komposisi	Persentase (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Oksida Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (Na ₂ +K ₂ O)	0,5 – 1

(Sumber : Riza Habibie, 2020)

Sifat-sifat semen portland dibedakan menjadi 2, yaitu sifat fisik dan sifat kimia. Adapun sifat fisik semen portland, meliputi :

a. Berat jenis

Berat jenis dari semen pada umumnya berkisar antara 3,10 – 3,30 mg/m³ namun biasanya rata-rata berat jenis ditentukan 3,15 mg/m³. Berat jenis sangat penting untuk diketahui karena semen portland yang tidak sempurna pembakarannya atau dicampur dengan bubuk batuan lain, berat jenisnya akan terlihat lebih rendah dari pada angka tersebut. Untuk mengukur baik atau tidaknya, tercampur atau tidaknya suatu bubuk semen dengan bahan lain, maka dipakailah angka berat jenis 3,00 mg/m³. Dengan demikian jika kita menguji semen dan hasilnya menunjukkan bahwa berat jenisnya kurang dari 3,00 mg/m³ kemungkinan semen itu tercampur dengan bahan lain (tidak murni) atau sebagian semen itu telah mengeras.

b. Kehalusan butir

Pada umumnya semen memiliki kehalusan sedemikian rupa sehingga kurang lebih 80% dari butirannya dapat menembus ayakan 44 mikron. Semakin halus butiran semen, maka semakin cepat pula persenyawaannya. Semakin halus butiran semen, maka semakin luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi lebih

besar, dan semakin besar luas permukaan butir ini maka semakin banyak pula air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya. Ada beberapa yang dapat dilakukan untuk menentukan kehalusan butir semen. Cara yang paling sederhana dan mudah dilakukan adalah dengan mengayaknya.

c. Waktu Ikatan

Waktu yang diperlukan semen untuk mengikat terhitung dari mulai beraksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikatan semen dibagi menjadi 2, yaitu waktu ikatan awal dan waktu ikatan akhir. Waktu pengikatan awal untuk semua jenis semen harus diantara 60-120 menit. Pengaruh suhu dapat mempengaruhi proses pengikatan, maka untuk pengikatan semen berlangsung dengan baik yaitu pada suhu 35°C dan berjalan dengan lambat pada suhu dibawah 15°C.

d. Panas Hidrasi

Silikat dan aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut hidrasi. Panas hidrasi diartikan sebagai kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Hidrasi semen bersifat eksotermis dengan panas yang dikeluarkan kira-kira 120 kalori/gram. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yaitu timbulnya retakan pada saat pendinginan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendinginan melalui perawatan pada saat pelaksanaan.

Secara garis besar ada 4 sifat kimia pada komposisi semen portland, yaitu sebagai berikut :

a. Trikalسيوم Silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_3S

Senyawa C_3S jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan mengeras sebelum hari ke-14.

b. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_2S

Senyawa C_2S lebih lambat bereaksi dengan air dan hanya berpengaruh terhadap semen setelah umur 7 hari. Senyawa C_2S memberikan ketahanan terhadap serangan kimia dan mempengaruhi susut terhadap pengaruh panas akibat lingkungan.

c. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_3A

Senyawa C_3A bereaksi secara exothermic dan bereaksi sangat cepat pada 24 jam pertama. C_3A bereaksi dengan air yang jumlahnya sekitar 40% dari beratnya. Karena persentasinya dalam semen yang kecil sekitar 10%, maka pengaruhnya pada jumlah air untuk bereaksi menjadi kecil. Unsur ini sangat berpengaruh pada nilai panas hidrasi tertinggi, baik pada saat awal pengerasan maupun pada saat pengerasan berikutnya yang sangat panjang.

d. Tetrakalsium aluminoforit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_4AF

Senyawa C_4FA kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton sehingga kontribusinya dalam peningkatan kekuatan kecil.

Melihat sifat yang berbeda dari masing-masing komponen ini kita dapat membuat bermacam-macam jenis semen hanya dengan mengubah kadar masing-masing komponennya. Misalnya kita ingin mendapatkan semen yang mempunyai kekuatan awal yang tinggi maka kita perlu menambah kadar C_3S dan mengurangi C_2S . ASTM (*American Standard for Testing Material*) menentukan komposisi semen berbagai tipe sebagaimana tampak pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 3 Jenis-jenis Semen Portland Dengan Sifat-sifatnya

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

(Sumber : Teknologi Beton, Nugraha dan Antoni. 2007)

Menurut SNI 15-2049-2004 berdasarkan jenis dan penggunaan, semen portland dibagi menjadi 5 tipe, yaitu :

- a. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- b. Tipe II : Semen portland untuk penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau hidrasi kalor sedang.
- c. Tipe III : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.



Gambar 2. 1 Semen Portland Tipe I

2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau dikenal dengan sebutan pasir adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15 – 5 mm. Agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai atau tepi laut. Dalam SNI 03-1750-1990, agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07 – 5 mm.

Agregat halus pada *paving block* dapat berupa pasir alam atau pasir buatan (olahan). Pasir alam didapatkan dari hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (pasir gunung atau pasir sungai). Sedangkan pasir buatan adalah pasir yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu atau diperoleh dari hasil sampingan dari *stone crusher*.

Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat (semen). Agregat halus atau pasir merupakan bahan tambah yang tidak bekerja aktif dalam proses pengerasan namun kualitas pasir sangat berpengaruh pada mutu beton ataupun mortar. Oleh karena itu, sifat-sifat pasir harus diteliti terlebih dahulu sebelum pasir tersebut digunakan dan harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Tabel 2. 4 Syarat Mutu Agregat Halus

Nomor Saringan/Ayakan	Ukuran Saringan/Ayakan	Presentase Lolos Kumulatif (%)	
		Pasir Alam	Pasir Olahan
No.8	2,36 mm	90 - 100	95 - 100
No.16	1,18 mm	75 - 100	70 - 100
No.30	0,6 mm	40 - 75	40 - 75
No.50	0,3 mm	10 - 35	20 - 40
No.100	0,15 mm	2 - 15	10 - 25
No.200	0,075 mm	0	0 - 10

(Sumber : SNI 03-6820-2002)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI-S-04-1989-F:28) dijelaskan mengenai persyaratan pasir atau agregat halus yang baik sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $< 2,2$.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Bila lebih dari itu maka pasir harus dicuci.
- c. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang di akui.
- d. Sifat kekal pasir apabila diuji dengan larutan jenuh natrium sulfat bagian hancur maksimal 12% dan jika diuji dengan larutan magnesium sulfat bagian hancur maksimal 10%.
- e. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrans-Harder dengan larutan jenuh NaOH 3%.
- f. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.

- g. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
- h. Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pasangan.

Tabel 2. 5 Gradasi Agregat Halus Berdasarkan Zona Kekerasan

Ukuran Saringan/ Ayakan (mm)	% Lolos Saringan/Ayakan			
	Zona I (Kasar)	Zona II (Agak Kasar)	Zona III (Agak Halus)	Zona IV (Halus)
9,6	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 – 100	90 - 100	95 – 100
2,4	60 - 95	75 – 100	85 - 100	95 – 100
1,2	30 - 70	55 – 90	75 - 100	90 – 100
0,6	15 - 34	35 – 59	60 - 79	80 – 100
0,3	5 - 20	8 – 30	12 - 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 – 10	0 - 10	0 – 15

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Keterangan :

- Zona I : Pasir Kasar
- Zona II : Pasir Agak Kasar
- Zona III : Pasir Agak Halus
- Zona IV : Pasir Halus

3. Air

Air merupakan bahan pembuatan beton atau mortar yang sangat penting. Air diperlukan sebagai bahan untuk memicu proses kimiawi semen, dan membasahi butiran-butiran agregat agar memberikan kemudahan pada proses pencampuran bahan. Pemakaian air pada pembuatan campuran harus pas karena pemakaian air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan beton atau

mortar yang dihasilkan. Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan beton atau mortar yang dihasilkan.

Dalam perhitungan campuran beton atau mortar, perbandingan jumlah air dan jumlah semen sangat berpengaruh dengan kekuatan dan proses pencampuran. Perbandingan tersebut dikenal dengan sebutan *water-cement ratio* (W/C). Perbandingan tersebut dinyatakan dalam jumlah berat air (kg) dibagi jumlah berat semen (kg) dalam adukan beton atau mortar. Semakin sedikit air yang digunakan, semakin besar kekuatan beton atau mortar tetapi semakin sulit dalam proses pencampuran bahan. Sedangkan semakin banyak air yang digunakan, semakin kecil kekuatan beton atau mortar tetapi akan semakin mempermudah dalam proses pencampuran bahan. Menurut Tjokrodinuljo 1996, untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan sebesar 25% dari berat semen saja.

Kualitas air juga perlu diperhatikan karena kandungan kotoran yang ada didalamnya akan mempengaruhi mutu dan mengurangi kekuatan beton atau mortar. Secara umum, air yang baik digunakan sebagai bahan dalam campuran beton atau mortar adalah air yang layak diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa.

Adapun persyaratan air sesuai dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

4. Limbah *Gypsum Board*

Gypsum merupakan bahan galian yang terbentuk dari air tanah yang mengandung ion-ion sulfat dan sulfide. *Gypsum* adalah bentuk hemihidrat dari kalsium sulfat dihidrat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Gypsum* dapat dijadikan sebagai bahan tambah dalam pembuatan semen dengan harapan dapat menambah daya kuat tekan pada campuran *paving block*. *Gypsum Association* menyatakan bahwa *Gypsum* adalah mineral yang bahan utamanya terdiri dari hidratedcalcium sulfate. Seperti pada mineral dan batu, *gypsum* akan menjadi lebih kuat apabila mengalami penekanan.

Papan *gypsum* atau *gypsum board* merupakan material pelapis interior untuk dinding pembatas dan plafon, serta dapat diaplikasikan sebagai pelapis dinding bata. Saat ini, penggunaan papan *gypsum* untuk interior sudah semakin luas, disebabkan karena karakteristiknya yang tahan terhadap api dan finishing yang sangat baik, bobotnya pun ringan serta pengerjaan yang cepat dan kering. Papan *gypsum* adalah nama generik untuk keluarga produk lembaran yang terdiri dari inti utama yang tidak terbakar dan dilapisi dengan kertas pada permukaannya. Ini adalah terminologi yang dipilih untuk produk lembaran *gypsum* yang didesain untuk digunakan sebagai dinding, langit-langit atau plafon, dan memiliki kemampuan untuk dihias.

Ada beberapa macam ukuran dan jenis dari *gypsum board* yaitu sebagai berikut :

a. Jenis *Gypsum Board*

Gypsum board juga memiliki berbagai macam merek antara lain, *gypsum jayaboard*, *gypsum elephant*, *gypsum knauf*, dan *gypsum aplus*, dengan jenis sebagai berikut :

- 1) Tipe X, memiliki ketahanan terhadap panas atau api.
- 2) Vapor Barrier, biasanya dilengkapi dengan foil untuk menahan kelembapan.

- 3) Inti papan *gypsum* anti air, biasa digunakan didapur dan kamar mandi.
 - 4) Papan *gypsum* exterior, untuk digunakan dilangit-langit exterior, sofit, dan atap.
- b. Ukuran *Gypsum Board*

Gypsum board tersedia dalam berbagai ukuran, tetapi yang paling umum adalah lembaran tebal 8 – 12 mm, dengan ukuran 1,2 m x 2,4 m. namun ukuran papan *gypsum* bisa disesuaikan dengan kebutuhan.

Tabel 2. 6 Komposisi Bahan Kimia *Gypsum*

No	Kandungan Senyawa Kimia	
	Senyawa	Kandungan
1	SiO ₃	18,48 %
2	CaO	45,66 %
3	Bi ₂ O ₃	35,86 %

(Sumber : Ibnu Dwiki Permana, Skripsi. 2017)

Tabel 2. 7 Berat Jenis *Gypsum*

Jenis Pengujian	Hasil
Berat Jenis	2,35 gr/ml

(Sumber : Ibnu Dwiki Permana, Skripsi. 2017)



Gambar 2. 2 Limbah *Gypsum Board* dari Sisa Konstruksi Bangunan

F. Pengujian *Paving Block*

1. Kuat Tekan

Dalam pembuatan *paving block*, perlu dilakukan pengujian agar dihasilkan *paving block* yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pelapis perkerasan. *Paving block* yang akan diuji harus memenuhi beberapa syarat agar memenuhi standar bahan bangunan Indonesia.

Pengertian kuat tekan *paving block* pada dasarnya sama dengan kuat tekan beton. Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur karena gaya yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan yaitu sebagai berikut :

a. Umur Benda Uji

Mutu benda uji bertambah tinggi dengan bertambahnya umur benda uji. Oleh karena itu, sebagai standar kekuatan benda uji dipakai kekuatan pada umur 28 hari. Bila karena suatu hal ingin mengetahui kuat tekan benda uji yang lain dapat dilakukan 3 atau 7 hari.

b. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dengan berat semen didalam adukan campuran. Faktor air semen (FAS) dapat mempengaruhi kekuatan dan kemudahan dalam pengerjaan benda uji.

c. Ukuran Agregat

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kuat tekan benda uji. Untuk perbandingan bahan-bahan campuran tertentu, kuat tekan benda uji berkurang bila ukuran maksimum bertambah besar dan juga akan menambah kesulitan pengerjaannya.

d. Kepadatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji, campuran dibuat sepadat mungkin. Hal ini memungkinkan untuk menjadikan bahan mengikat semakin keras dengan adanya kepadatan yang lebih, serta untuk membantu merekatnya bahan pembuatan benda uji dengan semen yang dibantu dengan air.

e. Tekstur

Permukaan benda uji harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca.

f. Perawatan Benda Uji

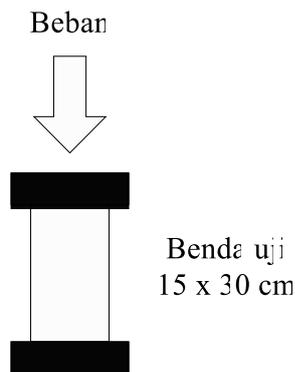
Perawatan ini berupa pencegahan atau mengurangi kehilangan/penguapan air dari dalam benda uji yang ternyata masih diperlukan untuk kelanjutan proses hidrasi. Bila terjadi kekurangan atau kehilangan air maka proses hidrasi akan terganggu atau terhenti yang akan mengakibatkan terjadinya penurunan perkembangan kekuatan benda uji, terutama penurunan nilai kuat tekan.

g. Reaksi Senyawa Kimia

Hal ini dapat terjadi karena semen sebagai bahan utama pada adukan merupakan material yang terdiri atas bahan-bahan kimia yang memungkinkan untuk bereaksi dengan zat-zat kimia yang

lainnya. Jika salah satu atau sebagian senyawa kimia terlalu mendominasi reaksi dapat mempengaruhi nilai kuat tekan benda uji.

Adapaun prosedur pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 3 Prosedur Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Pada SNI 03-0691-1996, perhitungan kuat tekan *paving block* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$F_c' = P/A$$

Keterangan : F_c' = Kuat tekan benda uji (Kg/cm^2)
 P = Beban maksimum (Kg)
 A = Luas penampang benda uji (cm^2)

2. Daya Serap Air

Daya serap air adalah jumlah air yang menyerap bahan dari waktu ke waktu persatuan luas permukaan atau volume. Besar kecilnya penyerapan air sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga yang terdapat pada material. Semakin banyak pori-pori maka akan semakin besar pula penyerapan airnya sehingga ketahanannya akan berkurang.

Rongga yang terdapat pada material terjadi karena kurang kualitas dan komposisi bahan penyusunnya.

Penyerapan air *paving block* merupakan persentase berat air yang mampu diserap melalui pori-pori oleh *paving block*. Penyerapan air pada *paving block* ini bisa didapatkan dengan membandingkan berat *paving block* kering dan *paving block* basah (setelah direndam dalam air). Berat *paving block* kering didapatkan dari pengovenan benda uji pada suhu $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 24 jam. Beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan air yaitu :

- a. Sifat material
- b. Pemakaian ukuran material
- c. Bentuk Pori

Menurut SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*), untuk memperoleh nilai penyerapan air dapat menggunakan persamaan berikut ini :

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

Keterangan :
 DSA = Daya serap air (%)
 A = Berat benda uji dalam keadaan basah (kg)
 B = Berat benda uji dalam keadaan kering (kg)

G. Metode Perawatan Basah (*Wet Curing*)

Metode perawatan basah (*wet curing*) adalah metode perawatan benda uji dengan cara menyelimuti benda uji dengan air untuk menghambat penguapan air pada adukan campuran. Selain dengan mekanisme tersebut, pekerjaan perawatan dengan metode pembasahan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu sebagai berikut :

1. Menaruh benda uji dalam ruangan yang lembab.

2. Menaruh benda uji dalam genangan air.
3. Menyelimuti permukaan benda uji dengan air.
4. Menyelimuti permukaan benda uji dengan karung basah.
5. Menyirami permukaan benda uji secara *continue*.
6. Melapisi permukaan beton dengan material khusus (*curing compound*).

H. Penelitian Sebelumnya

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian tentang *paving block*. Beberapa penelitian tersebut yang relevan dengan penelitian yang dilakukan diantaranya sebagai berikut :

1. Resti Fitriana, dkk. (2016), melakukan penelitian tentang pengaruh penggantian sebagian semen dengan *fly ash* dan kapur terhadap kuat tekan *paving block*. Dalam penelitian ini menggunakan variasi *fly ash* dan kapur sebanyak 0%, 6%, 12%, 18%, dan 24% dari berat semen. Hasilnya adalah penggunaan *fly ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan kuat tekan berturut-turut sebesar 198 kg/cm², 223 kg/cm², 207 kg/cm², 241 kg/cm², dan 185 kg/cm². Sehingga disimpulkan bahwa *paving block* pada penelitian ini masuk kedalam mutu B berdasarkan SNI 03-0691-1996.
2. Ibnu Dwiki Permana (2017), melakukan penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako”. Pada penelitian ini menggunakan komposisi limbah *gypsum board* sebesar 0%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dari berat semen. Hasil penelitian yang telah dilakukan ditarik kesimpulan bahwa semua komposisi limbah *gypsum board* dapat memenuhi semua persyaratan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding. Dengan hasil pengujian yaitu didapatkan nilai kuat tekan optimum batako berlubang pada komposisi limbah komposisi

limbah *gypsum* sebesar 25% dengan nilai kuat tekan rata-rata 57,29 kg/cm² yang termasuk dalam kategori mutu kelas II dan hasil pengujian daya serap airnya sebesar 2,74% yang termasuk dalam kategori mutu kelas I menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

3. Abdul Rachman Djamaluddin, dkk (2019), dalam penelitiannya yang berjudul “*Evaluation of Sustainable Concrete Paving Blocks Incorporating Processed Waste Tea Ash*”. Tujuannya dari penelitian ini yaitu limbah olahan abu the digunakan sebagai pengganti sebagian semen untuk produksi *paving block*. Limbah abu teh atau PwTA yang digunakan sebagai bahan pengganti semen yaitu sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 60% dari berat semen dan air yang dibutuhkan. Hasil dari penelitian ini ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan dan daya serap airnya menunjukkan bahwa penggantian semen dengan PwTA hingga 40% memenuhi persyaratan *paving block* mutu kelas D yang digunakan untuk taman sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.
4. Didik Hadi Prayogo, dkk (2019). Pada penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* dan Batu Bata Merah untuk Substitusi Semen pada Pembuatan Beton”. Ditarik beberapa kesimpulan bahwa penggunaan campuran limbah *gypsum board* dan batu bata merah masing-masing sebesar 10% memiliki nilai kuat tekan beton yang tinggi dan penggunaan campuran limbah *gypsum* dan batu bata merah masing-masing sebesar 15% memiliki nilai kuat tekan beton yang paling rendah.
5. Riza Habibie (2020). Dalam penelitiannya “Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Substitusi Semen terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air pada *Paving Block*”. Didapatkan beberapa kesimpulan bahwa pada penelitian ini menggunakan perbandingan campuran 1 : 4. Komposisi penggunaan limbah serbuk marmer adalah

0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat semen. Pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan dan penyerapan air. Hasil uji kuat tekan optimum yang didapatkan pada variasi 20% limbah serbuk marmer dengan nilai kuat tekan sebesar 19,17 MPa dan nilai penyerapan airnya sebesar 4,12%. Sehingga dapat dikatakan bahwa *paving block* yang dihasilkan pada penelitian ini termasuk kedalam mutu B menurut SNI 03-0691-1996.