

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN PASIR PANTAI *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PADA KINERJA PAVING BLOK**

(Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Sarjana S1 Pada Program Studi Teknik Sipil)



**Disusun Oleh:**

**IMANUEL B LANGI KARAENG**

**D0119028**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SULAWESI BARAT**

**MAJENE 2023**

## **ABSTRAK**

### **PEMANFAATAN PASIR PANTAI *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PADA KINERJA PAVING BLOK**

Immanuel B Langi Karaeng

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

[immanuelblangikaraeng@gmail.com](mailto:immanuelblangikaraeng@gmail.com)

[nur.okviyani@unsulbar.ac.id](mailto:nur.okviyani@unsulbar.ac.id)

Paving blok merupakan salah satu bahan bangunan yang sering digunakan dalam dunia konstruksi. Penggunaan Fly ash dan Bottom ash dalam penelitian ini mengangkat metode penelitian yang bersifat eksperimen yang melalui beberapa pengujian yaitu uji kuat tekan, daya serap dan porositas. Pemanfaatan pasir pantai Fly Ash dan Bottom Ash pada kinerja paving blok masih sangat minim, khususnya pada benda uji di umur 100 hari karena pada umur 100 hari kuat tekan yang dihasilkan menurun jika di bandingkan dengan pengujian kuat tekan di umur 28 hari. Campuran fly ash dan bottom ash yang digunakana pada setiap benda uji adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Hasil dari penelitian ini merupakan hasil yang sudah melalui tahap pengujian yang sudah di atur dalam SNI 03-0691-1996 tentang paving blok. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai rata-rata uji kuat tekan di umjur 100 hari, pengujian daya serap di umur 94 hari dan pengujian porositas di umur 96 hari. Hasil penelitian ini ditinjau dari campuran Fly Ash menunjukkan hasil terbaik dari pengujian ini yaitu variasi FA-PP3 dengan nilai kuat tekan ialah 14,29 Mpa, penyerapan air 10,38% dan porositas 18,22%. Sedangkan dari campuran Bottom Ash hasil terbaiknya menunjukkan untuk hasil uji tekan berada di BN-PP3 14,19 Mpa, daya serap 11,231%, dan porositas 20,211%. Kesimpulan pada penelitian ini adalah kuat tekan pada umur 100 hari masih kurang dan bahkan beberapa sampel tidak memenuhi syarat standar deviasi sesuai dengan SNI 03-0691-1996 tentang paving blok.

**Kata kunci : Paving Blok, Fly Ash, Bottom Ash, Pasir Pantai, Kuat Tekan, Daya Serap, Porositas.**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Paving Blocks* merupakan salah satu bahan bangunan yang sering digunakan didunia konstruksi. Penggunaan *paving blocks* atau sebagai penutup atau peneras permukaan jalan banyak dimanfaatkan untuk proyek perumahan atau kawasan permukiman, memperindah taman, pekarangan atau halaman rumah, penutup permukaan area parker (perkantoran, pabrik, sekolah, restoran, apartemen, hotel dan sebagainya). Bahan campuran *paving blok* terdiri dari semen Portland, agregat halus, air dan bahan tambah lainnya tanpa mengurangi mutu *paving blocks* tersebut. *paving blok* merupakan salah satu bahan konstruksi yang ramah terhadap lingkungan dimana *paving blok* sangat baik dalam membantu konversi air tanah yang tidak baik dimiliki oleh *flexible pavement dan rigid pavement*, dalam pelaksanaan lapangan *paving blok* juga lebih cepat serta mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan, serta memiliki harga yang terjangkau.

*Fly Ash* dihasilkan dari sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap. Produksi *fly ash* menyebabkan polusi lingkungan berupa pencemaran udara dan air tanah, karena pemanfaatannya yang baru sedikit yaitu kurang lebih 20 sampai 30%. Oleh karena itu perlu dicari suatu solusi untuk mengatasi masalah tersebut dengan cara memanfaatkan *fly ash* sebagai *raw material* untuk campuran *paving blocks*. Dalam pengembangan dibidang teknik *fly ash* mempunyai sifat superior, diantaranya: kekerasan, kekuatan yang tinggi dan mampu kerja yang baik, sehingga dapat diaplikasikan pada bidang konstruksi, mekanik dan industry kimia (Boccacini dkk, 1995). Pemanfaatan *Fly ash* sebagai bahan tambah juga dapat meningkatkan kualitas *paving blok*. Pada komposisi *fly ash* 10% - 40%, *paving blok* bersifat kedap air agresif sedang, yaitu tahan terhadap air limbah industri, air payau dan air laut (Zeta Eridani, 2004).

*Bottom ash* adalah abu yang terbentuk dari dari proses pembakaran didalam *furnace* yang berupa padatan yang tidak terbawa oleh *flue gas*.

Dalam sistem CFB, *bottom ash* adalah campuran antara abu batubara, pasir kuarsa dan pecahan-pecahan dinding *furnace* yang terkikis selama proses pembakaran berlangsung. Dengan demikian penulis melihat potensi pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan pembuatan paving blok dengan memadukan semen sebagai bahan perekatnya.

Umumnya pembuatan *paving blok* dimasyarakat menggunakan beberapa metode yaitu, menggunakan metode sederhana atau metode dengan bantuan alat *hidraulic pressure*. Metode sederhana yaitu dengan cara memukul bahan-bahan *paving blok* secara manual, pada proses pembuatan *paving blok* dengan cara manual akan menghasilkan *paving blok* dengan mutu yang rendah dan pembuatan paving menggunakan alat *hydraulic pressure paving blok* ditekan menggunakan alat hidraulic, pada cara ini akan menghasilkan mutu *paving blok* yang sangat baik namun tidak bisa dilakukan oleh masyarakat menengah kebawah secara mandiri.

Semakin meningkatnya pembangunan atau penggunaan pasir di wilayah Majene mengakibatkan kebutuhan pasir semakin meningkat terutama dalam penelitian dan praktikum Universitas Sulawesi Barat yang menjadi langganan sungai mapilli sebagai tempat pengambilan pasir sungai yang mengakibatkan pasir sungai mapilli semakin menipis, karena sumber pasir tidak berasal dari pegunungan. Menipisnya pasir mengakibatkan penambang pasir menggali pasir sampai ke tepi sungai yang menyebabkan terjadinya erosi. Maka dari itu, diperlukan suatu alternative pasir sebagai pengganti pasir mapilli yang nantinya dapat mengurangi aktifitas penambangan dan sekaligus mengurangi tingkat erosi.

Semakin meningkatnya pembangunan atau penggunaan pasir di wilayah majene mengakibatkan kebutuhan pasir semakin meningkat terutama dalam penelitian dan praktikum Universitas Sulawesi Barat yang menjadi langganan sungai mapilli sebagai tempat pengambilan pasir sungai yang mengakibatkan pasir sungai mapilli semakin menipis, karena sumber pasir tidak berasal dari pegunungan. Menipisnya pasir mengakibatkan penambang pasir menggali pasir sampai ketepi sungai yang menyebabkan terjadinya erosi. Maka dari itu,

diperlukan suatu alternative pasir sebagai pengganti pasir mapilli yang nantinya dapat mengurangi aktifitas penambangan dan sekaligus mengurangi tingkat erosi.

Pasir pantai merupakan salah satu alternatif pasir sebagai pengganti pasir sungai mapilli, pemanfaatan pasir pantai secara optimal sebagai alternative pembuatan *paving blok*. Dapat mengurangi tingkat erosi yang terjadi akibat penambangan pasir sungai yang ada di sungai mapilli. Yang menjadi salah satu sasaran adalah pasir pantai yang ada di pamboang meskipun belum diketahui sifat dan kekuatannya jika digunakan sebagai agregat tambahan pada pembuatan paving blok, sehingga perlu diteliti sebelum digunakan untuk pembuatan paving blok.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan pasir pantai sebagai *fly ash* dan *bottom ash* pada kinerja paving blok. *Fly ash* dan *bottom ash* pada penelitian ini berperan sebagai pengganti semen dan pasir pantai sebagai agregat halus mutu kelas B dengan kuat tekan rata-rata 20 Mpa (SNI 03-0691-1996), berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggin8 cm. pada penelitian ini adalah penelitian lanjutan dari saudari (Wilda Salsabila 2019, dengan judul penelitian “efek *fly ash* dan pasir pantai terhadap kkekuatan dan serapan air paving blok”) dan saudari (Resky. S 2019, dengan judul penelitian “efek *bottom ash* dan pasir pantai terhadap kekuatan dan serapan air paving blok”), dan penulis melanjutkan judul penelitian ini dengan mengangkat judul “Pemanfaatan Pasir Pantai *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Pada Kinerja Paving Blok”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai bahan ganti sebagian semen pada kinerja paving blok?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian pasir pada kinerja paving blok?
3. Bagaimana pengaruh kinerja paving blok terhadap penggunaan pasir pantai?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Pada penelitian pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai pengganti semen dan pasir pantai sebagai pengganti agregat pada pembuatan paving blok bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian semen dan pasir pantai.
2. Untuk mengetahui nilai uji tekan, daya seraps, dan porositas pada kinerja paving blok.
3. Untuk mengetahui pengaruh paving blok terhadap penggunaan pasir pantai.

### **1.4 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini berjalan dengan baik dan sesuai sasaran yang ingin dicapai, maka selama penelitian dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan adalah semen Portland.
2. Pasir pantai dari pantai pamboang sebagai bahan ganti agregat halus.
3. Perawatan benda uji (*curing*) dilakukan di Laboratorium Universitas Sulawesi Barat.
4. Pengujian agregat dilakukan di laboratorium universitas Sulawesi barat
5. Kinerja paving blok adalah ditinjau dari kinerja ketahanan yakni ; kuat tekan, daya serap dan porositas.
6. Pengujian Kuat tekan dilakukan pada umur 100 hari dengan membutuhkan 5 benda uji.
7. Serapan air paving blok dengan uji yang berbentuk persegi dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 8 cm pada pengujian paving blok pada umur 94 hari.
8. Pengujian porositas dilakukan pada benda uji di umur 96 hari.
9. Pengujian kuat tekan dilakukan di Mirring Kabupaten Polewali Mandar.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan menjadi bahan masukan dan bahan pertimbangan tentang pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai

pengganti semen terhadap kuat tekan dan mempertimbangkan sifat dan karakteristik pasir pantai sebelum dijadikan bahan pembuatan *paving blok*.

2. Penelitian ini dapat menjadi bahan referensi bagi peneliti selanjutnya terutama penelitian dibidang ketekniksipilan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam proses penyusunan proposal penelitian sistematika penulisan sangat dibutuhkan agar penulis dapat menyelesaikan dengan terstruktur. Dalam penulisan proposal penelitian ini ada beberapa tahap sistematika penulisan diantaranya sebagai berikut:

### **BAB I : Pendahuluan**

Berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, penulisan dan sistematika penulisan.

### **BAB II : Tinjauan Pustaka**

Berisi teori yang mendasari, ringkasan dan kerangka piker penulis.

### **BAB III : Metode Penelitian**

Berisi mengenai tahap-tahap penelitian seperti studi kepustakaan, tempat dan waktu penelitian serta bahan-bahan yang digunakan juga berisi tentang bagan alur penelitian dan metode penelitian.

### **BAB IV : Hasil dan Pembahasan**

Bab ini membahas hasil dan data-data penelitian pengujian kuat tekan, daya serap dan porositas dengan menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan pengganti.

### **BAB V : Penutup**

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai hasil yang diperoleh dari penelitian dan disertai dengan saran-saran yang diusulkan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, sudah ada beberapa ahli yang telah melakukan penelitian ini sebelumnya yang membahas tentang pemanfaatan pasir pantai *fly ash* dan *bottom ash* pada kinerja paving blok. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kabir, Imran, dan Sultan (2018), menurut penelitiannya penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah pada proses pembuatan campuran mortar, dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan *fly ash* kedalam campuran dapat meningkatkan kekuatan mortar .
2. Darwis Banggu, dan Sultan (2018), menurut penelitiannya penggunaan abu vulkanik gunung Dukono sebagai penambah semen pada campuran mortar, dimana kekuatan tekan optimal diperoleh pada kadar 10% abu vulkanik terhadap berat semen.
3. Karya, Hangge dan Pah (2018), menurut penelitiannya penggunaan abu sabuk buah saboak sebagai perekat menggantikan semen dapat digunakan pada kadar 2,5% terhadap berat semen menghasilkan kuat tekan 5,66% lebih besar dibandingkan dengan mortar normal.
4. Ghozali dan Wardhono, (2018), menurut penelitiannya limbah kerang laut digunakan sebagai pengganti semen dengan kadar 2% dan 50% *bottom ash* terhadap berat semen dapat menghasilkan paving blok dengan mutu A.
5. Samsul Bahri, dkk (2021) meneliti tentang pembuatan dan pengujian paving blok komposit pemanfaatan sampah plastik dan pasir laut. Penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental, berat paving blok yang dihasilkan meningkat sebagaimana peningkatan presentase pasir laut yang digunakan beberapa spesimen yang memiliki kuat tekan dan daya serap yang berbeda-beda dimana kuat tekan tertinggi yaitu spesimen 75% sampah plastik dan 25% pasir laut sebagai pengganti agregat halus.

## 2.2 Paving Blok

### 2.2.1 Defenisi *Paving Blok*

*Paving blok* adalah satu komponen bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen hidrolis atau sejenisnya, agregat dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu paving blok tersebut. *Paving blok* adalah salah satu produk bata beton. Menurut SNI 03-0691-1989, *paving blok* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran perekat hidrolis atau semen Portland dan agregat (SNI 1996 : 5). Bata beton (*paving blok*) adalah suatu komposisi bahan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis atau sejenisnya, dan juga ada beberapa bahan tambahan seperti air dan agregat halus dan tanpa mengurangi mutu beton tersebut atau *paving blok* tersebut. *Paving blok* adalah bahan bangunan yang sudah lazim kita jumpai, paving blok dibuat dari segmen-segmen kecil yang terbuat dari campuran beton, dan bentuk paving blok yang sering kita jumpai yaitu berbentuk persegi panjang, segi enam, dan juga ada beberapa jenis paving blok yang dibuat berongga pada sampingnya, guna sebagai tempat untuk mengalirkan air ke dalam tanah sehingga permukaan paving blok tidak digenangi air. Paving blok dipasang dengan susunan bervariasi sesuai dengan kemauan tukang yang memasangnya. Paving blok yang dipasang harus saling rapat supaya bisa saling mengunci satu sama lain dan tidak mudah mengalami pergeseran.

Perbandingan semen dan agregat pada paving blok dapat dilihat dari perbandingan berat, yang dimana berat paving blok dapat diasumsikan dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm, berat satu buah benda uji dapat diasumsikan kisaran 2,5 kg. Perbandingan berat semen dan agregat, dengan rasio semen agregat 1Pc : 4Ps dengan perbandingan volume campuran 1Pc : 4Ps dengan penambahan abu terbang (*fly ash*) dengan variasi 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dari berat semen tersebut.

Menurut Wintoko (2012), keunggulan dalam menggunakan paving blok antara lain adalah sebagai berikut:

1. Daya serap air melalui paving blok menjaga keseimbangan air tanah untuk menopang betonan/rumah di atasnya.
2. Berat paving blok yang relatif lebih ringan dari betonan atau aspal menjadikan satu penopang utama agar pondasi rumah tetap stabil.
3. Serapan air yang baik sekitar rumah atau tempat usaha akan menjamin ketersediaan air tanah untuk bisa di bor atau digunakan untuk keperluan sehari-hari.

Sedangkan kelemahan paving blok antara lain:

1. Mudah bergelombang jika pondasinya tidak kuat dan kurang nyaman untuk kendaraan dengan kecepatan tinggi.
2. Sehingga perkerasan paving blok sangat cocok untuk mengendalikan kecepatan kendaraan di lingkungan pemukiman dan perkotaan yang padat.

Adapun beberapa jenis-jenis paving blok menurut Wintoko (2012), yaitu:

Paving blok press manual/tangan diproduksi menggunakan cetakan paving dengan tenaga press manusia.

1. *Paving block* press mesin vibrasi. Pada umumnya paving blok press mesin vibrasi tergolong sebagai paving blok dengan mutu beton kelas C-B (K150-250).
2. *Paving block* press hidrolik. Paving jenis ini diproduksi dengan cara dipress menggunakan mesin press hidrolik dengan kuat tekan di atas  $300 \text{ kg/cm}^2$ .

Dari beberapa keuntungan dan kelemahan di atas, dapat dipahami bahwa dalam pemilihan penggunaan paving blok sangat bagus dan cara membuatnya juga cukup simple jika dibuat menggunakan mesin press manual dan mesin press yang ada di laboratorium atau dilapangan. Dan sebelum kita membuat paving blok ini sangat perlu dilakukan pengujian bahan terlebih dahulu supaya kita bisa

mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang akan dipakai dalam pembuatan paving blok.

Menurut SNI 03-0691-1996, syarat mutu paving blok adalah sebagai berikut:

a. Sifat tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusaknya tidak mudah dirapuhkan dengan kekuatan jari tangan.

b. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi kurang lebih 8%.

c. Sifat fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2.1** Sifat-sifat Fisik Paving Blok

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

Sumber : Bata beton (*paving blok*) SNI 03-0691-1996

Klasifikasi paving blok

a. Paving blok mutu A

- Digunakan untuk jalan
- Paving blok mutu A disyaratkan kuat tekan minimal 35 Mpa dan rerata 40 Mpa

b. Paving blok mutu B

- Digunakan untuk peralatan parkir.

- Paving blok mutu B disyaratkan kuat tekan minimal 17 Mpa dan rerata 20Mpa
- c. Paving blok mutu C
  - Digunakan untuk pejalan kaki
  - Paving blok mutu C disyaratkan kuat tekan minimal 12,5 Mpa dan rerata 15 Mpa
- d. Paving blok mutu D
  - Digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya
  - Paving blok mutu D disyaratkan kuat tekan minimal 8,5 Mpa dan rerata 10 Mpa.

Paving blok kita bisa buat dengan banyak cara, baik dilakukan secara manual atau menggunakan press tenaga manusia, maupun menggunakan mesin press. Paving blok juga menggunakan bahan-bahan yang cukup mudah kita dapatkan dan lebih menunjang di segi biaya. Material pembentuk paving blok dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang atau dibentuk dalam cetakan sesuai dengan keinginan.

#### d. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah suatu nilai yang menunjukkan tingkat penyebaran data terhadap nilai rata-rata data tersebut. Standar deviasi paving blok adalah rata-rata nilai kuat tekan yang telah dilakukan untuk mengetahui tingkat rata-rata yang dihasilkan dari hasil pengujian kuat tekan pada umur 100 hari dengan standar deviasi yang telah ditentukan yaitu <2%.

### **2.3 Material Penyusun Paving Blok**

Material penyusun paving blok sangat mudah ditemukan, bahan-bahan yang digunakan sama saja dengan bahan campuran beton pada umumnya. Hanya saja dalam pembuatan paving blok ini ada beberapa yang tidak menggunakan agregat kasar (kerikil). Ditinjau dari fungsinya paving blok mempunyai fungsi yaitu semen dan sedikit air membentuk pasta semen yang berfungsi

sebagai perekat. Cara membuat paving blok yang ditinjau dari pembuatan secara manual adalah dengan cara membuat campuran antara semen dan pasir dengan perbandingan campuran 1 Pc : 4Ps, kemudian dilakukan penyiraman tetapi dalam penyiraman usahakan campuran yang kita buat tidak terlalu cair supaya gampang dibentuk dalam cetakan paving blok.

Adapun komposisi material penyusun paving blok adalah sebagai berikut :

### **1. Semen Portland**

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker (kalsium silikat hidrolik) dan jika dicampur dengan air dalam jumlah tertentu akan mengikat bahan-bahan lain menjadi satu kesatuan massa yang dapat memadat dan mengeras (Firdaus, 2007). Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

Pada dasarnya semen Portland terdiri dari 4 unsur penting, yaitu:

a. Trikalsium silikat  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \pm 5\%$

Senyawa ini dapat mengeras dalam beberapa jam dan disertai dengan pelepasan sejumlah energy panas. Jumlah senyawa yang terbentuk selama proses pengikatan berlangsung mempengaruhi kekuatan beton dan umur awal pada 14 hari pertama.

b. Dikalsium silikat  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \pm 20\%$

Reaksi berlangsung sangat lambat dan disertai dengan pelepasan sejumlah energi panas. Semen Portland yang memiliki kandungan  $\text{C}_2\text{S}$  yang banyak, maka ketahanan terhadap agresi kimia dan penyusutan kering relatif rendah dan memberikan kontribusi terhadap awet beton.

c. Trikalsium aluminat ( $\text{C}_3\text{A}$ )  $\pm 10\%$

Senyawa  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_3\text{A}$ ) mengalami proses hidrasi dengan cepat dan disertai dengan pelepasan sejumlah panas. Senyawa  $\text{C}_3\text{A}$

ini berpengaruh pada proses pengikatan awal tetapi kontribusi terhadap kekuatan beton relatif kecil.

d. Tetrakalsium aluminoforit ( $C_4AF$ )  $\pm 8\%$

Senyawa  $4CaO \cdot Al_2O_3$  ( $C_4AF$ ) dapat merubah reaksi kimia  $C_2F$  menjadi  $C_4AF$ , tetapi kontribusi senyawa ini terhadap sifat-sifat beton tidak ada.

Adapun komposisi kimiawi semen Portland tipe 1 produksi PT. Semen Padang yang digunakan untuk pembuatan paving blok adalah sebagai berikut.

**Tabel 2.2** Komposisi kimia semen portland

Unsur Kimia	(%) berat
CaO	64,1
$Al_2O_3$	5,5
$Fe_2O_3$	3,0
$SiO_2$	22,0
MgO	1,4
$SO_3$	2,1

(sumber: Lea, 1971)

Semen Portland merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150-1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling kerak besi (*kliker*) yang mengandung kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Berdasarkan SK. SNI T-15-1971-03:2, Klasifikasi semen Portland dibagi menjadi 5 jenis, antara lain:

**Tabel 2.3** Klasifikasi Semen Portland

<b>TIPE</b>	<b>Keterangan</b>
I	Semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Tipe semen portland ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan bertingkat tinggi, perumahan, jembatan dan jalan raya, landasan bandara, beton prategan dan bangunan irigasi.
II	Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi serta diaplikasikan pada tempat yang lebar dan luas (bendungan, dermaga, dinding penahan besar, dll
III	Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras) dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
IV	Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Semen tipe ini dapat mencapai kekuatan tinggi dengan lambat dan membutuhkan pemeliharaan pengeringan lebih panjang.
V	Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat dan diaplikasikan untuk pondasi, dinding basement, terowongan, juga beton yang bersentuhan dengan tanah.

(Sumber : Bakri Uma 2022)

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling sering digunakan dalam pengerjaan beton. Semen merupakan bahan perekat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi sipil. Semen juga sangat gampang ditemui di pasaran, itulah mengapa masyarakat lebih memilih semen sebagai bahan bangunan untuk membuat suatu konstruksi.

## **2. Agregat Halus (Pasir)**

Secara umum agregat bisa dibedakan berdasarkan ukurannya yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus mempunyai ukuran

dibawah 4,8 mm (British standard) atau 4,75 mm (ASTM). Sedangkan agregat kasar mempunyai ukuran diatas 4,8 mm (British standard) atau 4,75 mm (ASTM). Golongan agregat halus berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Berdasarkan ASTM C 125-92, ukuran agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 10 dan tertahan pada saringan No. 200.

Pasir merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai. Pasir dikalangan masyarakat menjadi suatu bahan bangunan yang sangat penting karena pasir sangat berperan penting dalam membangun sebuah konstruksi. Dalam penggunaan pasir juga sangat mudah, dan dalam proses pengambilan pasir juga sangat mudah karena banyak di jumpai disungai.

Menurut Standard Nasional Indonesia (SNI) disebutkan 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. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.
- d. Pasir pantai tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintah bahan bangunan yang diakui.
- e. Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir. Pasir adalah contoh bahan material butiran. Butiran pasir umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 mm. Adapun fungsi air adalah sebagai berikut:
  1. Material urug/pasir urug, yaitu pasir urug bawah pondasi, pasir urug bawah lantai, pasir urug dibawah pasangan paving blok.

2. Material mortar atau spesi atau pasir pasangan, yaitu digunakan sebagai adukan untuk lantai kerja, pasangan pondasi batu kali pasangan dinding bata, spesi untuk pemasangan batu ala, plesteran dinding.
3. Material campuran beton/pasir cor, yaitu untuk campuran beton bertulang maupun tidak bertulang, bisa kita jumpai dalam struktur pondasi beton bertulang, sloof, lantai, kolom, plat lantai, cor dak, ring balok, dan lain-lain.

Menurut SNI 1970-2008, Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No. 4). Agregat halus mempunyai peran penting sebagai pembentuk beton dalam pengendalian *workability*, kekuatan (*strength*), dan keawetan beton (*durability*). Agregat halus sering disebut dengan pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian maupun hasil pemecahan.

### **3. Pasir Pantai**

Pasir pantai adalah pasir yang diambil dari tepian pantai, bentuk butirannya halus dan bulat akibat gesekan dengan sesamanya. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta mengakibatkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Akan tetapi pasir pantai dapat digunakan pada campuran beton dengan perlakuan khusus, yaitu dengan cara dicuci sehingga kandungan garamnya berkurang atau hilang.

Karakteristik kualitas agregat halus yang digunakan sebagai komponen structural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas struktur beton yang dihasilkan, sebab agregat halus mengisi sebagian besar volume beton. Pasir pantai sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki kesediaan dalam kuantitas yang besar. Penelitian pasir laut dalam bahan agregat halus tersebut sebagai alternative bahan pengisi bata beton. Penelitian dilakukan untuk efek *fly ash* dan *bottom ash* pada kinerja paving blok. Sebelum menggunakan pasir pantai sebagai

pengganti pasir alami maka penting sekali dilakukan penelitian supaya pada saat penggunaan bahan pasir pantai tidak mengurangi kuat tekan dan mutu beton.

#### **4. Air**

Air merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan beton. Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa adanya air. Air harus selalu ada dalam dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi satu pasta sehingga betonnya lunak. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat kekentalan (*consistency*) adukan agar dapat dicapai suatu kelecakan. Perbandingan jumlah air dengan semen yang biasa disebut faktor air semen (FAS) penting untuk diperhatikan.

Menurut SK-SNI S-04-1989-F, persyaratan air sebagai bahan bangunan harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lt.
- b. Air harus bersih.
- c. Derajat keasaman (pH) normal  $\pm 7$ .
- d. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.

#### **5 Fly Ash**

*Fly ash* adalah limbah padat yang berbentuk abu yang dihasilkan oleh proses pembakaran batu bara yang ada di pembangkit tenaga listrik. Material ini memilikinukuran butir yang halus dan berwarna keabu-abuan (Wardani, 2008). Penggunaan *fly ash* dapat meningkatkan *workability*, dan mengurangi terjadinya *bleeding* serta segregasi pada beton segar.

Penggunaan *fly ash* juga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton dalam jangka panjang, memadatkan beton, mengurangi penyusutan beton,

dan meningkatkan durabilitas beton, (Nugraha dan Antoni,2004). Secara umum paving blok berbahan *fly ash* dan *bottom ash* adalah sama, baik dari teknis pembuatannya dan bentuk produk yang dihasilkan hanya saja pada produksi paving blok konvensional yang menggunakan material pasir dari sungai, disubsitusikan dengan material serupa yaitu *fly ash* dan *bottom ash*.

Menurut SNI 03-6414-2002, mendefinisikan pengertian abu terbang (*fly ash*) batu bara adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanic. *Fly ash* merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Pada intinya abu terbang (*fly ash*) mengandung unsur kimia antara lain silica ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ferooksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), juga mengandung unsur tambahan yaitu magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), titanium oksida ( $\text{TiO}_2$ ), alkalin ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ), sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ), pospor oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dan karbon (Anonim, 2008).



Gambar 2.1 *Fly Ash* (abu terbang)

Sumber : Wikipedia

Adapun manfaat menggunakan *fly ash* adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kualitas tekan pada beton.
2. Mengurangi penggunaan semen, sehingga menghindari adanya pemanasan global akibat kandungan kimia  $\text{CO}_2$  yang ada pada semen.

3. Menghindari pengeroposan karena *fly ash* yang mempunyai butiran yang cukup kecil sehingga mampu mengalir dengan beratnya sendiri ketempat yang tak terjangkau.
4. Beton yang dihasilkan ramah lingkungan serta biaya pembuatannya terbilang mudah.
5. Beton yang dihasilkan lebih padat dari beton normal pada umumnya.

Klasifikasi *fly ash* dapat dibedakan menjadi tiga jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1995 Parts 1 226.3R-3), yaitu:

#### 1. Kelas C

*Fly ash* yang mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara (batubara mudah), senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO<sub>2</sub> (30%-50%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17-20%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O dan sedikit K<sub>2</sub>O. Mempunyai specific gravity 31-2,86. Mempunyai sifat pozzolan, tetapi juga langsung bereaksi dengan air untuk membentuk CSH (CaO.SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O). kalsium hidroksida dan Ettringite yang mengeras seperti semen.

#### 2. Kelas F

*Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara, senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO<sub>2</sub> (30%-50%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (45%-60%), MgO, K<sub>2</sub>O, dan sedikit Na<sub>2</sub>O. mempunyai spesifik gravity 15-2,45. Bersifat seperti pozzolan, tidak bisa mengendap karena kandungan CaO yang kecil.

#### 3. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, *opaline chertz* dan shales, *tuff* dan abu vilkanik yang mana bisa diproses melalui proses pembakaran. Selain itu, juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

## 6. *Bottom Ash*

*Bottom ash* atau abu dasar juga merupakan hasil pembakaran batu bara yang memiliki ukuran yang lebih besar dan lebih berat dibanding dengan *fly ash* atau abu terbang dan memiliki tekstur yang menyerupai pasir. Bentuk *bottom ash* yang kasar dan besar menjadi salah satu kelemahan pada *bottom ash* yang dapat mengurangi *workability* pada beton. Selain itu, *bottom ash* juga memiliki sifat menyerap banyak air yang meningkatkan kebutuhan *water content* pada campuran beton, sehingga membuat kualitas beton menjadi berkurang. Bentuk *bottom ash* yang menyerupai pasir dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat. Penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti pasir dalam pembuatan beton dapat memberi dampak yang menguntungkan dalam segi ekonomi (Singh dan (Siddique).

Pemanfaatan *bottom ash* batubara terhitung minim karena kebanyakan masih sebagai bahan tambahan pada agregat buatan pada pembuatan beton dan maksimum 2,4% sehingga pemanfaatan tergolong masih belum maksimal. Hal ini dipertegas Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 yang mengatakan dampak *bottom ash* tergolong berbahaya karena jika terhirup secara berkala dapat menyebabkan masalah pernapasan serius. Bila dilewati hujan, air rembesan akan mencemari lingkungan karena bersifat asam dan merusak kesuburan tanah (Vega Pratiwi, 2016).

Sifat dari *bottom ash* sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batu bara dan sistem pembakarannya. Komposisi kimia dari *bottom ash* sebagian besar tersusun dari unsur-unsur Si, Al, Fe, Ca, serta Mg, S, Na dan unsur kimia yang lain. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moulton (1973), didapat bahwa kandungan garam dan pH yang rendah dari *bottom ash* dapat menimbulkan sifat korosi pada struktur baja yang bersentuhan dengan campuran yang mengandung *bottom ash*. Selain itu, rendahnya nilai pH yang ditunjukkan oleh tingginya kandungan sulfat yang terlarut menunjukkan adanya kandungan pyrite (iron sulfide) yang besar (Achmad Subki Arinata, 2013).

#### **2.4 Perawatan Paving Blok (*Curing*)**

Proses perawatan paving blok yang dilakukan di laboratorium Universitas Sulawesi Barat yaitu dengan cara menyiram paving blok yang sudah dicetak satu atau dua kali dalam sehari supaya paving blok yang telah dibuat tidak mengalami kekeringan yang berkepanjangan sebelum masuk dalam tahap pengujian kuat tekan. Metode perawatan sebaiknya disesuaikan dengan ketersediaan tempat dan efektifitas pengaruh perawatan tersebut. Berdasarkan teori material berbasis semen, maka proses setelah pencetakan adalah proses perawatan.

*Curing* adalah perlakuan atau perawatan terhadap paving blok selama masa pembekuan atau pengeringan. Pengukuran *curing* diperlukan untuk menjaga kondisi kelembaban dan suhu yang diinginkan pada paving blok, karena suhu dan kelembaban di dalam secara langsung berpengaruh terhadap sifat-sifat paving blok. Pengukuran *curing* mencegah air hilang dari adukan dan membuat lebih banyak hidrasi semen. *Curing* merupakan hal yang kritis untuk membuat permukaan paving blok yang tahan terhadap beban yang berat.

Perawatan atau *curing* penting sekali untuk dilakukan karena pada tindakan ini menentukan bahwa kuat dan mutu paving blok juga sangat tergantung pada proses perawatan yang dilakukan. Pada proses ini sangat mudah dilakukan, cukup menyiram paving blok satu atau dua kali dalam sehari. Paving blok dibuat dari campuran semi kering dengan rasio air semen <0,4. Namun, tidak seperti balok beton pada bangunan, paving blok harus dipadatkan secara penuh agar menghasilkan densitas yang lebih tinggi. Proses pembuatan paving blok meliputi penempatan beton cair ke dalam cetakan baja. Pematatan dapat dilakukan berbagai cara seperti pematatan manual dan bahkan menggunakan mesin press.

#### **2.5 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)**

Pengujian kuat tekan pada beton dilakukan dengan menekan benda uji selinder 50 mm x 300 mm pada standar ACI, SNI, dan kubus 150 mm x

150 mm pada standart Inggris. Kuat hancur dari paving blok dipengaruhi oleh sejumlah faktor yaitu:

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat tekan bebas beton.
2. Jenis dan lekuk-lekuk bidang permukaan agregat.
3. Efisiensi dari perawatan, kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya.
4. Suhu pada umumnya kecepatan pengerasan beton meningkat dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetapi rendah untuk waktu yang sama.

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan besarnya beban tekan maksimum yang dapat diterima oleh paving blok. (Kosmatka *et al* 2011) berpendapat bahwa ketahanan beton terhadap benturan dan abrasi dikaitkan dengan kuat tekan dan jenis agregat. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standart , menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji kubus sampai hancur. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03-6805-2002 dan ASTM C 39/C39M-04a.

$$f_c = P/A \dots\dots\dots(\text{pers 2.1})$$

$f_c$  = kekuatan tekan benda uji

P = gaya tekan maksimum (N atau Kn)

A = Luas penampang benda uji ( $m^2$ )

## 2.6 Daya Serap

Pengujian daya serap adalah persentase dari perbandingan antara selisih massa basah dan massa kering. Daya serap pada suatu material dinyatakan dalam persen (%) rongga fraksi volume dari suatu rongga yang ada dalam material tersebut. pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase air yang diserap oleh paving blok.

Menurut SNI 03-0691-1996, dapat dikatakan baik apabila penyerapannya kurang dari 6%. Semakin besar mutu paving blok maka

semakin kecil persentase penyerapan air. Besar persentase penyerapan air dapat dihitung melalui persamaan:

$$\text{Daya serap air} = \frac{A-B}{B} \times 100 \% \dots\dots\dots(\text{pers 2.2})$$

Keterangan

A = Berat sampel basah (kg)

B = Berat sampel kering (kg)

a. Berat basah (A)

Paving blok direndam dalam keadaan bersih selama kurang lebih 24 jam. Kemudian diangkat dari air dan air sisanya dibiarkan kurang lebih 1 menit lalu paving blok diseka permukaan dengan kain untuk menghilangkan kelebihan air masih tertinggal.

b. Berat Kering (B)

Berat PB selama direndam air.

## 2.7 Porositas

Pengujian paving blok sesuai dengan umur rencana 96 hari dengan menggunakan air gambut sebagai air pencampur beton. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian porositas.

Adapun prosedur pengujian porositas adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman.
2. Mengeringkan benda uji dengan oven pada suhu 100°C selama tidak kurang dari 24 jam. Biarkan dingin diudara kering sampai suhu 20-25°C lalu menghitung massa kering oven sebagai W1.
3. Melakukan perendaman dalam air selama tidak kurang dari 48 jam atau dua hari.
4. Setelah masa perendamaan 48 jam, maka permukaan benda uji dikeringkan dengan handuk agar menghilangkan kelembapan permukaan, lalu menentukan massa jenuh setelah perendaman sebagai W2.

5. Setelah penimbangan massa jenuh, lalu dengan menggunakan penggantung kawat menghitung massa sebenarnya dalam air sebagai  $W_3$ .



Gambar 2.2 pengujian porositas

Dok. Penulis, 2023

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 5.1.1 Pengaruh penggunaan Fly Ash sebagai bahan ganti Sebagian semen kurang optimal atau kurang baik untuk nilai rata-rata kuat tekan di umur 100 hari. Jika dibandingkan dengan nilai rata-rata kuat tekan pada umur 28 hari yang telah diuji tekan oleh penelitian terdahulu, kuat tekan di umur 100 hari menurun, karena pada umur 56 hari sampai dengan umur 84 hari benda uji sempat terdiam atau kurang perawatan. Dilakukan juga pengujian daya serap dan porositas dan hasil rata-ratanya baik. Rata-rata nilai mutu yang didapatkan pada uji tekan umur 100 hari hanya masuk dalam kategori mutu C.
- 5.1.2 Pengaruh penggunaan Bottom Ash sebagai semen kurang optimal untuk nilai rata-rata kuat tekan di umur 100 hari. Nilai uji kuat tekan menurun jika dibandingkan dengan nilai rata-rata kuat tekan umur 28 hari. Standar mutu yang di dapat hanya masuk dalam kategori C dan bahkan ada yang tidak masuk dalam kategori karena ada rata-rata yang tidak sampai pada nilai uji kuat tekan.
- 5.1.3 Pengaruh kinerja paving blok terhadap pengaruh pasir pantai masih kurang optimal karena menurunkan nilai kuat tekannya di umur 100 hari. Rata-rata nilai uji kuat tekan pada umur 100 hari *fly ash* sebagai bahan tambahan adalah tipe FN-PP3 11,41 Mpa, tipe FA-PP3 14,29 Mpa, tipe FB-PP3 15,32 Mpa, tipe FC-PP3 16,34 Mpa, tipe FD-PP3 11,50 Mpa dan tipe FE-PP3 8,19 Mpa. Untuk nilai rata-rata kuat tekan pada bahan tambahan *bottom ash* pada umur 100 hari adalah tipe BN-PP3 14,19 Mpa, tipe BA-PP3 16,61 Mpa, tipe BB-PP3 13,70 Mpa, tipe BC-PP3 11,13 Mpa, tipe BD-PP3 9,53 Mpa dan tipe BE-PP3 7,49 Mpa jika

dibandingkan dengan pengujian kuat tekan di umur 28 hari kuat tekan di umur 100 hari menurun.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka sebagai bahan pertimbangan diajukan beberapa saran sebagai berikut:

- 5.2.1 Sampel yang sudah berumur 100 hari ini masih belum optimal dalam pengujian kuat tekan sehingga setiap sampel masih ada beberapa yang tidak memenuhi syarat mutu paving blok sesuai SNI 03-0691-1996.
- 5.2.2 Perlu dilakukan perawatan yang maksimal, sehingga paving blok kuat tekan, daya serap dan porositas memiliki hasil yang sangat baik atau maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Diana, Anita Intan, and Subaidillah Fansuri. "Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik dan variasi Fly Ash Terhadap Penyerapan Paving Blok Ramah Lingkungan." *Rekayasa* 13.1(2020): 55-60.
- Dumyati, Ahmad, and Donny Fransiskus Manalu. "Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Kuat Tekan Beton." In :FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil). (Vol. 3, no. 1, pp.1-13).
- Ghazali, Kurniawati Ester, et al. " Penelitian Awal Pemanfaatan Fly Ash dan Botoom Ash PLTU Suralaya Dalam Pembuatan Beton di Lingkungan Pantai." *Jurnal Dimensi Pertama Teknik Sipil* 7.2 (2018):177-184.
- Hambali, Mulkan, Intra Lesmania, and Adesta Midkasna. "Pengaruh Komposisi kimia bahan penyusun paving blok terhadap kuat tekan dan daya serap airnya" *Jurnal Teknik Sipil* 19.4 (2013) 14-21.
- Klarens, K., Indranata, M, Antoni, A., & Hardjito, D. (2016). "Pemanfaatan Bottom Ash dan Fly Ash Tipe C Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan Paving Blok" *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 5(2).
- Mahmud, Joni. "Pengaruh Komposisi Fly Ash Terhadap Daya Serap Air Pembuatan Paving Blok." *Jurnal Teknik Mesin* 3.2 (2013) : 41-48.
- Prihantono, Teguh Fajar, S.,T. Mochamad Solikin and S. T Budi Setiawan, " Analisis sifat mekanis beton mujutu tinggi dengan memanfaatkan teknologi high volume fly ash concrete. Diss, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015.
- Rosidawani, Rosidawani, et al. "Pendampingan Teknis Pembuatan paving blok berbahan tambah Fly Ash dan Bottom Ash serta perberian perawatan." *Jurnal Pengabdian Community*, 4(2),49-59
- Sebayang, S. Diana, I. W., dan Purba, A.(2011). "Perbandingan Mutu Paving blok produksi manual dengan produksi masinal." *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung*,15(2), 140381.
- Sultan, Mufti Amir, Arbain Tata, dan Amrin wanda. "Penggunaan Limbah Plastik PP Sebagai Bahan Pengikat Pada Campuran Paving Block." *Siklus: Jurnal Teknik Sipil* 6.2(2020): 95-102.

- Winarno, H. , Muhammad, D., dan Wibowo, Y.G. (2019). “Pemanfaatan limbah Fly Ash dan bottom ash dari PLTU SUMSEL 5 sebagai bahan utama pembuatan paving blok.” Jurnal Teknik, 11 (1): 1067-1070.
- Widari, Lis Ayu. “Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk kayu terhadap kuat tekan dan daya serap air pada paving blok.” Teras Jurnal 5.1 (2021)