

ABSTRAK  
**PAVING BLOCK MUTU B MENGGUNAKAN FLY ASH DAN AIR LAUT**

Sulkipli

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat (2024)

[kiplisul448@gmail.com](mailto:kiplisul448@gmail.com)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah Fly Ash sebagai bahan pencampuran Paving block. Pemanfaatan limbah Fly Ash batu bara dalam pembuatan Paving block berguna untuk mengurangi limbah yang ada di masyarakat. Penelitian ini menggunakan sampel Paving block berbentuk balok dengan ukuran panjang rata-rata 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 8 cm, menggunakan limbah Fly ash batu bara dengan persentase variasi 12,35 kg, 24,7 kg, dan 37,05 kg pencampuran air laut. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik Paving block ditinjau dari kuat tekan Paving block dilakukan pada umur 28 hari dan 91 hari. Pengujian daya serap air dan porositas dilakukan di umur 28 hari dan 91 hari. Pengujian ketahanan Acid menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> di umur 28 hari dilakukan kuat tekan di umur 91 hari dan pengujian electrical resistivity dilakukan di umur 91 hari. Hasil analisis yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan paving block tidak ada yang masuk dalam kategori mutu B.

Kata Kunci : Paving Block, Air Laut, Kuat Tekan, Daya Serap, Acid, Porositas, Electrical Resistivity.

**ABSTRACK**  
**QUALITY B PAVING BLOCK USING FLY ASH AND SEAWATER**

Sulkipli

Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of West Sulawesi (2024)

[kiplisul448@gmail.com](mailto:kiplisul448@gmail.com)

This study aims to determine the effect of adding Fly Ash waste as a mixing material for Paving blocks. The use of coal fly ash waste in the manufacture of Paving blocks is useful for reducing waste in the community. This study used a sample of block-shaped paving blocks with an average length of 20 cm, width of 10 cm, and height of 8 cm, using coal fly ash waste with a variation percentage of 12.35 kg, 24.7 kg, and 37.05 kg of seawater mixing. Tests were carried out to determine the mechanical properties of Paving blocks reviewed from the compressive strength of Paving blocks carried out at the age of 28 days and 91 days. Water absorption and porosity testing was carried out at the age of 28 days and 91 days. Acid resistance testing using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution at the age of 28 days was carried out at the age of 91 days and electrical resistivity testing was carried out at the age of 91 days. The results of the analysis obtained from this study show that no paving blocks are included in the B quality category.

*Keywords : Paving Block, Seawater, Compressive Strength, Absorption Power, Acid, Porosity, Electrical Resistivity*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### 1.1 Latar belakang

*Paving block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang di buat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu (SNI 03-0691-1996). Seiring berkembangnya zaman, dunia konstruksi juga semakin maju dengan menggunakan teknologi. Dengan perkembangan tersebut paving block menjadi salah satu material alternatif yang bisa di gunakan dalam pemasangan lantai untuk taman, parkir maupun trotoar. Paving block saat ini sudah memiliki banyak variasi yang tersebar di kalangan masyarakat baik dari segi bentuk, ukuran, warna, dan tekstur permukaan serta memiliki mutu yang berbeda beda pula. Di era sekarang ini penggunaan material khususnya paving block sudah sangat mahal karena bahan yang di gunakan juga semakin mahal dan susah di dapatkan, sehingga perlu di lakukan inovasi pemanfaatan limbah sebagai campuran dalam pembuatan sebuah material. Sehingga penggunaan limbah khususnya pada pembuatan paving block menjadi salah satu ide kreatif yang bisa di kembangkan yaitu dengan memanfaatkan limbah batu bara yakni fly ash.

Batu bara menjadi salah satu bahan yang banyak di gunakan dalam industri besar yang ada di indonesia. Sehingga hal tersebut menyebabkan hasil pembakaran batu bara menjadi penyumbang limbah yang cukup besar terutama pada PLTU. Yang menjadi salah satu lokasi yang menarik perhatian adalah PLTU yang terletak di kecamatan Kalukku, Kabupaten Mamuju, provinsi Sulawesi Barat. Perusahaan ini menghasilkan limbah padat hasil pembakaran batu bara yaitu abu terbang (fly ash). Seiring berkembangnya zaman dan teknologi maka semakin banyak pula limbah yang di hasilkan oleh pabrik industri. Oleh karena itu dengan adanya limbah dari batu bara berupa fly ash yang bisa di gunakan sebagai bahan tambah

dalam pencampuran paving block sehingga limbah tersebut bisa di manfaatkan.

Fly ash pada penelitian ini di gunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan paving block sebagai pengganti semen karena ingin memanfaatkan serta dapat mengurangi limbah hasil pembakaran batu bara dengan menggunakan air laut sebagai pencampur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan paving block dengan menggunakan material semen, fly ash, pasir dan abu batu. Dalam penelitian ini penggunaan fly ash di harapkan hasil limbah pembakaran batu bara bisa di manfaatkan sehingga memiliki nilai guna di kalangan masyarakat dan berdampak positif bagi lingkungan.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka penelitian ini berguna untuk mengetahui kuat tekan paving block dengan campuran fly ash dengan campuran air laut dan perawatan menggunakan air biasa. Pada penelitian ini peneliti mengangkat judul **Paving Block Mutu B Menggunakan Fly Ash Dan Air Laut.**

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh campuran air laut terhadap kuat tekan paving block dengan bahan campuran fly ash 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% pada umur 28 dan 91 hari?
2. Bagaimana hasil porositas paving block umur 28 dan 91 hari?
3. Bagaimana hasil daya serap air paving block menggunakan material tambah fly ash dengan campuran air laut pada umur 28 dan 91 hari?
4. Bagaimana hasil uji ketahanan asam pada umur 91 hari dengan menggunakan Fly Ash 0%,10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%?
5. Bagaimana hasil uji elektrik resistivity terhadap paving block umur 91 hari?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adaslaj sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai kuat tekan paving block umur 28 dan 91 hari apakah masuk dalam paving block mutu B.
2. Untuk mengetahui daya serap air dengan menggunakan campuran air laut dan fly ash sebagai bahan tambah apakah masuk dalam kategori paving block mutu B.
3. Untuk mengetahui hasil uji porositas pada umur 28 dan 91 hari pada variasi FA0%-SW, FA10%-SW, FA20%-SW, FA30%-SW, FA40%-SW, dan FA50%-SW apakah masuk dalam kategori mutu B.
4. Untuk mengetahui kuat tekan hasil uji ketahanan asam paving block menggunakan Fly Ash dengan pencampuran air laut pada variasi FA0%-SW, FA10%-SW, FA20%-SW, FA30%-SW, FA40%-SW, dan FA50%-SW apakah masuk dalam kategori mutu B.
5. Untuk mengetahui hasil uji elktrikal resistivity pada umur 91 hari.

#### 1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
2. Material Fly ash yang digunakan berasal dari PT. Rekind Daya Mamuju Kecamatan Kalukku yang lolos dari saringan 100 mm dan 30 mm.
3. Material agregat halus (pasir) berasal dari Desa Segerang Kecamatan Mapilli Kabupaten Polewali Mandar.
4. Semen porland yang digunakan adalah semen Porland Komposit (PCC) Tonasa.
5. Air pencampur yang digunakan adalah Air laut dari desa pangali ali.
6. Benda uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 8 cm.
7. Target Fas (Faktor Air Semen) maksimal 0,39
8. Pengujian kuat tekan dan serapan air di lakukan dilakukan pada umur 28 hari dan 91 hari.
9. Pengujian kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996.
10. Pengujian dilakukan berdasarkan paving block mutu B.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan masukan terhadap mutu pada pengaruh kuat tekan dengan menambahkan Fly Ash sebagai pengganti semen pada pembuatan *paving block*.
2. Membepembuatan paving block memberikan pengetahuan baru tentang bahan bangunan terutama penggunaan limbah yang di manfaatkan sebagai bahanp pengganti semen.
3. Dapat menjadi solusi dari penumpukan limbah pembakaran batu bara yang di manfaatkan dalam pembuatan paving block.
4. Dapat mengetahui hasil uji kuat tekan *paving block* dengan bahan campuran air laut.
5. Dapat di jadikan referensi bagi perkembangan ilmu penegtahuan khususnya di bidang ketekniksipilan.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan penelitian diperlukan penulisan secara sistematis agar penulisan dapat di selesaikan dan mejadi pedoman dalam penyelesaian tugas akhir dengan baik dan benar. Secara umum penulisan proposal penelitian terdiri dari beberapa tahap di antaranya:

#### **BAB 1 LATAR BELAKANG**

Pada bab ini berisi tentang Latar belakang masalah, Batasan masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Serta Sistematika Penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan teori-teori tentang karakteristik *paving block* dan material penyusunan lainnya, serta menjelaskan tentang Fly Ash sebagai bahan penggantian semen dengan pencampuran air laut.

### **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

Bab ini memuat alur penelitian, tahap-tahap yang dilakukan selama penelitian yang meliputi tempat, waktu penelitian, material penelitian, alat penelitian, prosedur kerja, metode percobaan, metode pengumpulan data, serta diagram alur penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PENELITIAN**

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil-hasil pengujian kuat tekan dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini memuat tentang kesimpulan mengenai hasil pengujian penelitian dan saran.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terhadulu

Dalam penelitian terdahulu sudah banyak yang membahas tentang pemanfaatan fly ash untuk pencampuran pembuatan paving block. Adapun penelitian terdahulu yang membahas tentang pengaruh air laut sebagai penyusun komposisi material terhadap lingkungan sekitar. Pada penelitian ini peneliti melakukan dengan cara yang didasarkan pada pemanfaatan limbah pabrik yang ada di wilayah kalukku sebagai berikut:

1. (Abdul rokhman, dan Dhani Van chairi) melakukan penelitian “pemanfaatan substitusi Fly ash dan bahan kapur alam untuk peningkatan mutu paving block”. Metode yang dilakukan eksperimen percobaan pembuatan material paving block dengan menggunakan material bahan penyusun fly ash, semen, abu batu, dan pasir. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi *fly ash* sebesar 20 % berat semen, maka substitusi agregat halus dari batu kapur dapat meningkatkan kuat tekan sampai pada kadar optimum 21,5% yaitu sebesar 17,11 MPa. Pada nilai kuat tekan ini mutu kelas *paving block* termasuk dalam kelas B.
2. (Sumiati, dkk 2023) “coal ash waste utilization for making Paving block of eco-friendly”. Penelitian di laboratorium pengujian bahan politeknik negri sriwijaya, menggunakan bahan aditif fly ash dan bottom ash berasal dari pembakaran batu bara PT Pusri, semen dengan merk baturaja, abu batu berasal dari bojoneghoro dan kapur dari tokoh bahan bangunan. Berdasarkan hasil pengujian penggunaan limbah abu batu bara dalam pembuatan pavingblock dapat disimpulkan bahwa: *Bottom ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah agregat halus(abubatu) dalam pembuatan paving block, namun dibatasi < 20%, karena dapat menurunkan kuat tekan sehingga paving block mempunyai mutu kelas C. *Fly ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah semen dalam pembuatan paving block, karena penambahan fly ash < 20% didapatkan kuat tekan yang lebih besar

dibandingkan kuat tekan paving block tanpa limbah abu batu bara, di mana jika diklasifikasikan dari kelas C menjadi kelas B.

3. (Nurzal dan joni Mahmud, 2013) “Pengaruh Komposisi *Fly Ash* Terhadap Daya Serap Air Pada Pembuatan *Paving Block*”. Metode yang dilakukan adalah metode eksperimen yaitu bahan yang digunakan fly ash berasal dari PLTU sijantang sawahlunto yang batu baranya berasal dari PT bukit asam sawahlunto, berbentuk serbuk berwarna abu abu gelap,  $\rho = 2,10$  gr/cm<sup>3</sup> dan ukuran butir 80 mesh setelah pengayakan. Dan bahan lainnya yaitu Semen Portland, Pasir, Dan Air PDAM. Hasil penelitian *Paving block* yang komposisi 0 % berat *fly ash* mempunyai daya serap air paling tinggi, jika dibandingkan dengan komposisi campuran *fly ash* lainnya, Yaitu sebesar 2,701 %. Berdasarkan nilai daya serap air yang dihasilkan menurut SNI 03-0691-1996, *paving block* yang dibuat termasuk dalam mutu A (digunakan untuk jalan).
4. (Aldwin Ivan Gan, dkk 2018) “Optimasi Penggunaan *Fly Ash* Dan *Bottom Ash* Pltu Suralaya Dalam Pembuatan *Paving Block* Mutu Tinggi”. Rencana penelitian Material yang digunakan untuk membuat *paving block* pada penelitian ini berupa semen, *fly ash*, *bottom ash*, abu batu, pasir, dan air. Semen dan *fly ash* sebagai bahan perekat pada campuran, sedangkan *bottom ash*, abu batu, dan pasir sebagai agregat, dan air sebagai pencampur. Semen yang digunakan adalah *Portland Pozzolan Cement* (PPC) merk Semen Gresik. *Fly ash* dan *bottom ash* yang digunakan berasal dari PLTU Suralaya. Abu batu, pasir, dan air yang digunakan didapat dari tempat pembuatan *paving block*, UD. *Bottom ash* dan *fly ash* dari PLTU Suralaya dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat dan semen dalam pembuatan *paving block*, dengan kuat tekan maksimum yang didapat ialah sebesar 41.60 MPa pada komposisi C1BA3 berupa 50% abu batu : 50% *bottom ash*. Kuat tekan tertinggi yang dapat diperoleh dari penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dan penambahan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian agregat ialah sebesar 26,88 MPa pada komposisi C5F5B15A15 berupa 50% *fly ash* : 50% semen dan 50%

abu batu : 50% *bottom ash*. Kepadatan tertinggi yang diperoleh dari kombinasi abu batu dan *bottom ash* dengan kadar *bottom ash* diatas 50% yaitu 60% *bottom ash* dan 40% abu batu. Penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block* menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan pembuatan *paving block* dengan menggunakan 100% semen.

5. Wilda Salsabila, (2022) meneliti tentang “efek Fly ash dan pasir pantai terhadap kekuatan dan serapan air paving block”. Metode yang dilakukan merupakan metode eksperimen. Dari hasil penelitian dihasilkan Komposisi perbandingan material semen, fly ash, dan pasir pantai yang menghasilkan nilai kuat tekan optimal paving block dengan target mutu B, dengan komposisi fly ash 0% pada kuat tekan 28 hari yang menghasilkan kuat tekan optimal yang mencapai sesuai target dan pada variasi 30% fly ash pada umur 56 hari menghasilkan nilai kuat tekan optimal sesuai kategori mutu B.

**Tabel 2.1** Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Hasil penelitian</b>
Abdul rokhman, dkk 2022	<i>Pemanfaatan substitusi Fly ash dan bahan kapur alam untuk peningkatan mutu paving block</i>	Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi <i>fly ash</i> sebesar 20 % berat semen, maka substitusi agregat halus dari batu kapur dapat meningkatkan kuat tekan sampai pada kadar optimum 21,5% yaitu sebesar 17,11 MPa. Pada nilai kuat tekan ini mutu kelas <i>paving block</i> termasuk dalam kelas B.

**Perbedaan:** Abdul rokhman, dkk melakukan percobaan pembuatan material paving block, dengan pemanfaatan fly ash sebagai bahan campur Dan bahan lainnya yakni semen, kapur dan pasir. Dalam penelitian ini fly ash di gunakan sebagai pengganti agregat halus.

Nama Penelitian	Judul Penelitian	Hasil penelitian
Sumiati, dkk 2023	coal ash waste utilization for making Paving block of eco-friendly.	<p>Dari keseluruhan sampel yang diuji memberikan hasil nilai kuat tekan mutu A. Sebagaimana dalam SNI 03-0691-1996 disyaratkan untuk mutu A adalah diatas 40 MPa. Sedangkan untuk paduan Maksimum untuk sampel F4B4 dengan paduan 20 % perekat dan 80 % limbah (40%) fly ash dan 40% bottom ash), hasil Berdasarkan hasil pengujian penggunaan limbah abu batu bara dalam pembuatan pavingblock dapat disimpulkan bahwa: <i>Bottom ash</i> dapat digunakan sebagai bahan tambah agregat halus(abubatu) dalam pembuatan paving block,</p>

		namun dibatasi < 20%, karena dapat menurunkan kuat tekan sehingga paving block mempunyai mutu kelas C. <i>Fly ash</i> dapat digunakan sebagai bahan tambah semen dalam pembuatan paving block, karena penambahan fly ash < 20% didapatkan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan kuat tekan paving block tanpa limbah abu batu bara, di mana jika diklasifikasikan dari kelas C menjadi kelas B.nya adalah 50,518 MPa.
<p><b>Perbedaan:</b> Sumiati, dkk 2023 melakukan penelitian menggunakan fly ash dan battom ash sebagai bahan tambah, tapi hanya sampai pada 20% menggunakan bahan tambah.</p>		
<b>Nama Penelitian</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Hasil penelitian</b>
Nurzal dan joni Mahmud (2013)	Pengaruh Komposisi <i>Fly Ash</i> Terhadap Daya Serap Air Pada Pembuatan <i>Paving Block</i>	Hasil penelitian <i>Paving block</i> yang komposisi 0 % berat <i>fly ash</i> mempunyai daya serap air paling tinggi, jika dibandingkan dengan komposisi campuran <i>fly ash</i> lainnya, Yaitu sebesar

		2,701 %. Berdasarkan nilai daya serap air yang dihasilkan menurut SNI 03-0691-1996, <i>paving block</i> yang dibuat termasuk dalam mutu A (digunakan untuk jalan).
<b>Perbedaan:</b> Nurzal dan joni Mahmud (2013) melakukan penelitian menggunakan fly ash sebagai bahan tambah sebagai pengganti agregat halus yang lolos saringan no 80 dan menggunakan air PDAM.		
<b>Nama Penelitian</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Hasil penelitian</b>
Aldwin Ivan Gan, dkk 2018)	“Optimasi Penggunaan <i>Fly Ash Dan Bottom Ash</i> Pltu Suralaya Dalam Pembuatan <i>Paving Block</i> Mutu Tinggi.	<i>Fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> yang digunakan berasal dari PLTU Suralaya. Abu batu, pasir, dan air yang digunakan didapat dari tempat pembuatan <i>paving block</i> , UD. <i>Bottom ash</i> dan <i>fly ash</i> dari PLTU Suralaya dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat dan semen dalam pembuatan <i>paving block</i> , dengan kuat tekan maksimum yang didapat ialah sebesar 41.60 MPa pada komposisi C1BA3 berupa 50% abu batu : 50% <i>bottom ash</i> . Kuat tekan

		<p>tertinggi yang dapat diperoleh dari penambahan <i>fly ash</i> sebagai pengganti sebagian semen dan penambahan <i>bottom ash</i> sebagai pengganti sebagian agregat ialah sebesar 26,88 MPa pada komposisi C5F5B15A15 berupa 50% <i>fly ash</i>: 50% semen dan 50% abu batu: 50% <i>bottom ash</i>. Kepadatan tertinggi yang diperoleh dari kombinasi abu batu dan <i>bottom ash</i> dengan kadar <i>bottom ash</i> diatas 50% yaitu 60% <i>bottom ash</i> dan 40% abu batu. Penambahan <i>fly ash</i> sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan <i>paving block</i> menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan pembuatan <i>paving block</i> dengan menggunakan 100% semen.</p>
<p><b>Perbedaan:</b> Aldwin Ivan Gan, dkk 2018 menggunakan fly namun berbeda dari pengambilan komposisi sampel yang hanya kombinasi 50% dan menggunakan air biasa dalam pencampuran.</p>		

Nama Penelitian	Judul Penelitian	Hasil penelitian
Wilda Salsabila, (2022)	<i>Efek Fly ash dan pasir pantai terhadap kekuatan dan serapan air paving block</i>	Komposisi perbandingan material semen, fly ash, dan pasir pantai yang menghasilkan nilai kuat tekan optimal paving block dengan target mutu B, dengan komposisi fly ash 0% pada kuat tekan 28 hari yang menghasilkan kuat tekan optimal yang mencapai sesuai target dan pada variasi 30% fly ash pada umur 56 hari menghasilkan nilai kuat tekan optimal kategori mutu B.
<p><b>Perbedaan:</b> Wilda Salsabila melakukan penelitian dengan komposisi campuran 1:3 yang menggunakan bahan tambah variasi material Fly ash 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dengan uji kuat tekan diumur 7 hari, 28 hari, dan 56 hari. Sedangkan penulis menggunakan bahan tambah Fly ash variasi FA0%, FA10%, FA20%, FA30%, FA40%, dan FA50% dengan uji kuat tekan umur 28 hari dan 91 hari.</p>		

## 2.2 Paving Block

### 1.2.1 Definisi Paving Block

Paving block merupakan produk bahan bangunan dari semen yang digunakan sebagai salah satu alternative penutup atau pengerasan permukaan tanah. Paving block di kenal 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 suatu tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton.

Sebagai bahan penutup dan 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 dan memperindah trotoar jalan di kota-kota, pengerasan jalan di komplek perumahan atau kawasan pemukiman, memperindah taman, pekarangan dan halaman rumah, pengerasan areal parkir, areal perkantoran, pabrik, taman dan halaman sekolah, serta di kawasan hotel dan restoran.

### **2.2.2 Syarat dan mutu paving block**

Ada beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam menentukan paving block yang dimana harus memenuhi persyaratan (SNI 03-0691-1996) di antaranya sebagai berikut:

#### **1. Sifat tampak**

Paving block memiliki bentuk yang sempurna, tidak boleh mengalami retak-retak atau pun cacat, serta bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.

#### **2. Ukuran dan bentuk**

Ukuran paving block sangat bervariasi yang sering kita jumpai sehari-hari. Seringkali produsen memberikan spesifikasih perihal ukuran paving yang hendak di produksinya. Biasanya ukuran paving block adalah 10,5 x 21 cm dengan ketebalan yang bervariasi, yaitu 6 cm, 8 cm dan 10 cm.

#### **3. Sifat fisika**

Paving block untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisis seperti pada tabel 2.2 di bawah ini:

**Tabel 2.2** kekuatan fisis *paving block*

Mutu	Kekuatan (Mpa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks. (%)
	Rata-rata	Terendah	Rata-rata	Terendah	
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 Block SNI 03-0691:1996*

Klasifikasi bata beton (*bata beton*) berdasarkan pengaplikasiannya:

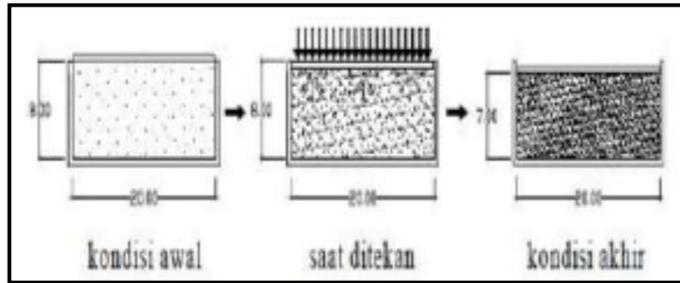
- Paving block mutu A: Digunakan untuk jalan
- Paving block mutu B: Digunakan untuk pelataran parkir
- Paving block mutu C: Digunakan untuk pejalan kaki
- Paving block mutu D: Digunakan untuk taman dan lainnya

### 2.3 Cara pembuatan *paving block*

Cara pembuatan *paving block* yang di gunakan masyarakat umumnya di bagi menjadi dua metode yaitu:

#### 2.3.1 Metode konvensional

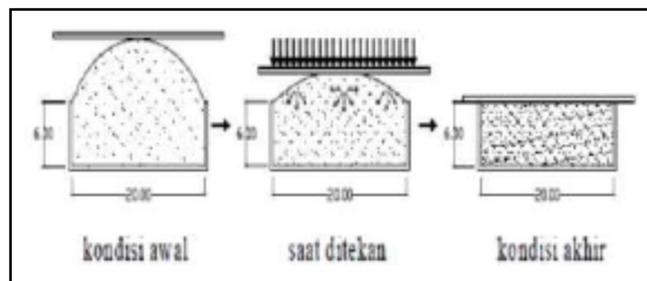
Pembuatan *paving block* dengan metode konvensional dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga manusia yang mengerjakannya. Metode ini sering di gunakan dalam industri rumahan oleh masyarakat karena alat dan cara pembuatan sangat mudah di lakukan sehingga sebagian besar masyarakat bisa mengerjakannya. Semakin kuat tenaga orang membuatnya maka semakin bagus pula hasil yang di peroleh. Namun metode ini akan membuat pekerja cepat kelelahan karena proses yang membutuhkan tenaga dalam menghantamkan alat pemadat pada cetakan yang telah di siapkan.



**Gambar 2.2** prinsip kerja metode press hidrolis

### 2.3.2 Metode press hidrolis

Metode ini jarang di gunakan oleh masyarakat karena biaya lat yang cukup mahal. Alat press hidrolis digerakan dengan tenaga mesin (diesel) sehingga menghasilkan kualitas *paving block* yang baik karena tekanan yang diberikan pada tiap-tiap paving lebih merata dan tekanan yang diberikan juga lebih besar, sehingga *paving block* yang dibuat dengan metode press hidrolis lebih padat dari pada yang dibuat dengan metode konvensional. (Rikki Ricardo Silalahi 2021)



**Gambar 2.3** prinsip kerja metode *press hidrolis*

## 2.4 Material Penyusun Paving Block

Bahan yang di gunakan dalam pembuatan paving block di antaranya adalah semen portland dan agregat halus, namun dalam pnelitian ini ada penambahan pengganti semen yaitu fly ash. Bahan penyusun paving block adalah sebagai berikut:

### 2.4.1 Semen portland

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat

hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Semen yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 dan sesuai dengan (SNI-15-2049-1994).

Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen berfungsi membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut.

#### **2.4.2 Agregat halus**

Agregat halus adalah bahan pengisi dalam campuran *paving block* sehingga dapat meningkatkan kekuatan, penyusutan dan mengurangi penggunaan bahan pengikat atau semen. Pasir merupakan salah satu bahan yang di gunakan dalam pembuatan beton yang di klasifikasikan sebagai bahan pengisi atau agregat halus. Adapun yang termasuk dalam agregat halus adalah bahan yang lolos saringan no. 8 dan tertahan di saringan no. 200. Mutu dari pasir sangat mempengaruhi kualitas paving block.

Syarat-syarat agregat halus (pasir) dalam (Mona khoirunnisah 2015) sebagai bahan material pembuatan beton sesuai dengan ASTM C 33-03 adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dan gradasinya menerus. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan. Butiran tajam, keras, awet (durable) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
2. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50-3,80.

3. Kadar lumpur / bagian butir yang lebih kecil dari 0,07 m maksimum 5%.
4. Kadar zat organik ditentukan dengan larutan natrium hidroksida 3 %, jika dibandingkan dengan warna standar atau pembanding, tidak lebih tua daripada warna standar (sama).
5. Kekerasan butir, jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka, memberikan angka hasil bagi tidak lebih besar dari 2,20
6. Berat jenis agregat halus, Pengujian berat jenis agregat halus dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus/pasir.
7. Gradasi pasir atau modulus halus butir agregat, gradasi pasir adalah distribusi ukuran butir pasir. Bila butir-butir pasir mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi. Untuk menyatakan gradasi pasir, dipakai nilai presentase berat butiran yang tertinggal atau lewat dalam susunan ayakan. Susunan ayakan pasir yang dipakai adalah 9,60; 4,80; 2,40; 1,20; 0,60; 0,30; dan 0,15 mm. Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan gradasi pasir berupa modulus halus butir (mhb) dan tingkat kekasaran pasir. Mhb menunjukkan ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat yang dihitung dari jumlah persentase kumulatif butiran yang tertahan dibagi 100. Semakin kecil nilai mhb menunjukkan semakin halus atau kecil butir-butir agregatnya. sebagaimana ditentukan sesuai (SNI-03-2834-2000) tampak pada tabel 2.3 dibawah ini:

**Tabel 2.3** Batas-Batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran saringan (mm)	Presentase berat butir yang lolos saringan			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
9,60	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Tabel gradasi agregat halus (SNI-03-2834-2000)

Zona I = Pasir Kasar

Zona II = Pasir Agak Kasar

Zona III = Pasir Agak Halus

Zona IV = Pasir Halus

### 2.4.3 Air

Fungsi air pada campuran paving block adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai dengan (Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971) adalah sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Penggunaan air pada campuran harus sesuai dengan standar yang telah di atur dalam SNI karena penggunaan air yang berlebihan akan

mengakibatkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai karena hal tersebut akan mengurangi kekuatan *paving block*. Sedangkan terlalu sedikit air yang di gunakan akan menyebabkan hidrasi yang berlebih yang akan mengurangi mutu *paving block* yang di hasilkan.

#### **2.4.4 Air laut**

Air di laut biasanya disebut sebagai air laut yang merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam, bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Air laut memiliki kadar garam rata-rata sekitar 35.000 ppm atau 35 g/liter, artinya dalam 1 liter air laut (1000 ml) terdapat 35 gram garam. Kandungan kimia utama dari air laut adalah klorida (Cl), natrium (Na), magnesium (Mg), Sulfat (SO<sub>4</sub>). Nilai pH air laut bervariasi antara 7,5 – 8,5. Air laut umumnya dapat menyebabkan kerusakan mortar baik dengan reaksi fisik maupun reaksi kimia. Proses hidrasi semen, selain menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang bersifat sebagai perekat juga menghasilkan kalsium hidroksida atau Ca (OH)<sub>2</sub>. Magnesiumsulfat (MgSO<sub>4</sub>) merupakan bahan kimia dalam air laut yang paling berpengaruh terhadap agresi pada mortar. Bahan ini bereaksi dengan kalsium hidroksida atau Ca (OH)<sub>2</sub> dalam semen membentuk kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>) dan magnesium hidroksida atau Mg (OH)<sub>2</sub>. Mg (OH)<sub>2</sub> ini dapat menimbulkan *magnesia expansion* yang menyebabkan pemuaian atau pengembangan volume pada mortar karena memiliki volume yang lebih besar.

#### **2.4.5 Fly Ash**

Secara umum fly ash adalah hasil limbah batu bara yang menjadi salah satu bahan yang sampai saat ini masih melakukan tahap penelitian untuk bisa di manfaatkan kembali mengingat jika dibiarkan terus menerus akan mengakibatkan penumpukan limbah yang bisa mengakibatkan masalah bagi lingkungan.

**Tabel 2.4** komposisi fly ash

<b>Component</b>	<b>Bituminous</b>	<b>Subbituminous</b>	<b>Lignite</b>
SiO <sub>2</sub>	20-60	40-60	15-45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35	20-30	10-25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO <sub>3</sub>	0-4	0-2	0-10
Na <sub>2</sub> O	0-4	0-2	0-6
K <sub>2</sub> O	0-3	0-4	0-4
Loss on ignition	0-15	0-3	0-5

## 2.5 Perawatan Benda Uji (curing)

Perawatan benda uji dilakukan setelah benda uji mencapai final setting, artinya benda uji telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, benda uji akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal 7 hari dan benda uji untuk berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab (Fauzi, 2014).

Jenis-jenis perawatan benda uji yang dapat dilakukan antara lain (Fauzi, 2014):

1. Meletakkan benda uji dalam ruangan yang lembab
2. Meletakkan benda uji dalam air.
3. Meletakkan benda uji di bawah permukaan air
4. Menutupi benda uji dengan plastik.
5. Menyirami seluruh permukaan benda uji.
6. Menempatkan dalam ruangan agar suhu tetap terjaga.

## 2.6 Pengujian Paving Block

Pengujian paving block dilakukan di laboratorium universitas sulawesi barat meliputi pengaruh penggunaan air laut dan positas terhadap paving block menggunakan fly ash sebagai berikut:

### 2.6.1 Uji kuat tekakn *paving block*

Kuat tekan paving block adalah besaran beban yang mampu ditahan per satuan luas sebuah paving block sehingga paving block tersebut hancur akibat gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan. Menurut (SNI-03-0691-1996), Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan/kuat desak adalah sebagai berikut:

$$f=P/A.....(2.1)$$

Dimana:

$f$  = Kuat tekan/kuat desak paving block (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = Beban maksimum (kg)

$A$  = Luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

Kuat tekan *paving block* di peroleh dari perhitungan jumlah kuat tekan *paving block* di bagi dengan jumlah sampel yang di uji.

### 2.6.2 Daya serap air

Pengujian daya serap adalah persentase dari perbandingan antara selisih massa basah dan massa kering. Pengujian daya serap air dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Daya Serap: } x \text{ 100\%.....(2.2)}$$

Keterangan:

$M_b$  = Massa Basah Benda Uji (Gr)

$M_k$  = Massa Kering Benda Uji (Gr)

### 2.6.3 Porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan volume pori (volume yang ditempati oleh fluida) terhadap volume total paving block (volume benda uji). Jarak pori pada paving block umumnya terjadi akibat kesalahan dalam pelaksanaan seperti faktor air semen yang berpengaruh pada letakan antara pasta semen dan agregat, besar kecilnya nilai slump pemilihan tipe susunan gradasi agregat gabungan, maupun terhadap lamanya pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan pada paving block maka semakin besar kuat tekan atau mutu

paving block, sebaliknya semakin besar porositas paving block, maka kekuatan beton akan semakin kecil. Menurut (ASTM C 642 - 90), Rumus yang digunakan untuk menghitung Porositas adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{C - A}{C - D} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

$n$  = Porositas benda uji (%)

$A$  = Berat kering oven (kg)

$C$  = Berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg)

$D$  = Berat beton dalam air (kg)

Porositas dengan kuat tekan paving block mempunyai hubungan yang sangat erat. Porositas adalah persentase pori-pori pada agregat maupun pada paving block porositas dapat mempengaruhi kuat tekan, dimana presentase pori-pori dapat mengakibatkan penurunan kuat tekan pada paving block. Hubungan atau kolerasi antara porositas dan kuat tekan beton yaitu semakin besar porositas pada benda uji maka semakin rendah kekuatannya. Peningkatan persentase porositas memiliki keterkaitan terhadap penurunan kuat tekan maupun kuat tarik paving block. Porositas paving block adalah tingkatan yang menggambarkan kepadatan konstruksi paving block. Semakin tinggi tingkat kepadatan pada paving block maka semakin besar kuat tekan atau mutu paving block, sebaliknya semakin besar porositas paving block, maka kekuatan paving block akan semakin kecil.

#### 2.6.4 Ketahanan acid

Pada pengujian sifat tampak pada sampel ketahanan acid adalah untuk memeriksa kondisi paving block dari kecacatan akibat penggunaan natrium asam sulfat yang dapat merusak jaringan *paving block*.

Pada penelitian ketahanan acid itu mengacu pada ASTM-C1898-20 (Paving) Rumus yang digunakan untuk menghitung ketahanan acid

seperti dengan rumus yang digunakan pada uji kuat tekan persamaan 2.1.

### 2.6.5 Standar Deviasi SNI-03-1974-1996

Dalam merencanakan ukuran penampang suatu beton bertujuan untuk menahan beban tekanan. Sebagai 31 dasar perencanaan digunakan beton pada umur 28 hari, karena setelah umur 28 hari kekuatan beton mulai menunjukkan grafik peningkatan yang tidak begitu besar lagi dibandingkan pada hari-hari sebelumnya. Adapun hasil standar deviasi yang dihitung dari data hasil uji faktor pengali dari tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Mutu Pelaksanaan diukur dengan deviasi standar

Isi pekerjaan		Deviasi standar		
Sebutan	Volume Beton(m3)	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	<1000	$4,5 < s < 5,5$	$5,5 < s < 6,5$	$6,5 < s < 7,5$
Sedang	1000-3000	$3,5 < s < 4,5$	$4,5 < s < 5,5$	$5,5 < s < 6,5$
Besar	<3000	$2,5 < s < 3,5$	$3,5 < s < 4,5$	$4,5 < s < 5,5$

*Sumber: SNI 03-1973-1990*

### 2.6.6 Electrical Resistivity

Beton adalah bahan komposit berpori dan tergantung pada kadar air (yaitu, tingkat kejenuhan pori-pori), beton dapat karakteristiknya menunjukkan konduktif dan isolasi. Misalnya, sampel beton mungkin menunjukkan hambatan listrik yang sangat tinggi ketika kering, tetapi beton yang sama akan memiliki hambatan yang jauh lebih rendah dalam kondisi jenuh. Selain itu beton memiliki sifat kapasitif, yang berarti dapat menahan muatan listrik karena arus searah (DC) dapat menyebabkan efek polusi tinggi pada antar muka elektroda-beton serta di dalam spesimen pada antarmuka pori-solusi ke fase padat. Berdasarkan model yang diusulkan, teknik pengukuran yang berbeda telah dikembangkan, termasuk teknik dua titik uniaksial dan empat titik (Ghods et al., 2015).

Metode uniaksial beton ditempatkan di antara dua elektroda (biasanya dua pelat logam paralel) dengan kontak spons basah pada antarmuka untuk memastikan sambungan listrik tepat. Arus AC diterapkan dan menurun potensial antara elektroda diukur. Persamaan menjelaskan faktor geometri yang digunakan dalam teknik uniaksial.

$$\rho = R.A/ L \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

P = Resistivitas( $\Omega m$ )

R = Resistensi ( $\Omega$ )

A = Luas Penampang ( $m^2$ )

L = Panjang Benda Uji (m)

Metode empat poin di mana keempat elektroda terletak pada garis lurus dan berada pada jarak yang sama. Dua elektroda bagian dalam mengukur potensial listrik dibuat ketika elektroda eksterior menerapkan arus AC ke beton.

**Tabel 2.6** Hubungan antara resistivitas dan resiko korosi

<b>Resistivity (<math>k\Omega - cm</math>)</b>	<b>Risk level</b>
>100 – 200	Very low corrosion rate even if chloride contaminated
50 – 200	Low corrosion rate
10 – 50	Moderate to high corrosion rate
<10	High corrosion rate; Resistivity is not the controlling parameter