

**SKRIPSI**

**KAJIAN REKAYASA MATERIAL *PAVING BLOCK*:  
KOMBINASI *NANO-RHA* DAN AIR LAUT UNTUK MENINGKATKAN  
KEKUATAN DAN DAYA SERAP AIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S1  
Pada Jurusan Teknik Sipil



Disusun Oleh:

**SRI BERLIAN**

**D01 21 549**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT**

**MAJENE**

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KAJIAN REKAYASA MATERIAL *PAVING BLOCK*:  
KOMBINASI *NANO-RHA* DAN AIR LAUT UNTUK MENINGKATKAN  
KEKUATAN DAN DAYA SERAP AIR**

**SKRIPSI**

Oleh

**SRI BERLIAN**

**NIM: D0121549**

**(Program Sarjana Teknik Sipil)**

Universitas Sulawesi Barat

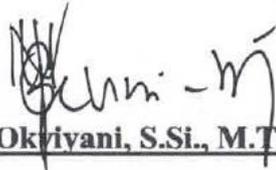
Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal 11 Maret 2025

Mengetahui,

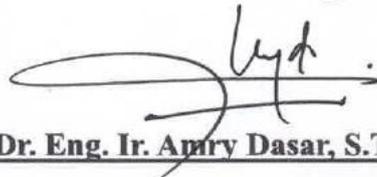
**Pembimbing 1**



**Nur Okyivani, S.Si., M.T.**

NIP. 199010222022032012

**Pembimbing 2**



**Dr. Eng. Ir. Amry Dasar, S.T., M.Eng**

NIP. 198801152019031006



**Ketua Jurusan**  
**Amalia Nurdin, S.T., M.T.**  
NIP. 198712122019032017



**Dekan Fakultas Teknik**  
**Dr. H. Hafsah Nirwana, M.T.**  
NIP. 196404051990032002

## ABSTRAK

### KAJIAN REKAYASA MATERIAL PAVING BLOCK: KOMBINASI NANO-RHA DAN AIR LAUT UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN DAN DAYA SERAP AIR

SRI BERLIAN

Teknik Sipil, Universitas Sulawesi Barat (2025)

*Paving block* merupakan material konstruksi yang banyak digunakan dalam infrastruktur jalan dan perumahan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan daya serap air *paving block* dengan rekayasa material menggunakan kombinasi *Nano-RHA* (*Rice Husk Ash*) dan air laut. *Nano-RHA* yang berasal dari abu sekam padi berfungsi sebagai bahan *pozzolan* yang dapat meningkatkan kinerja mekanik, sementara air laut digunakan sebagai alternatif air pencampur untuk meningkatkan ketahanan terhadap lingkungan yang agresif.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi kadar *Nano-RHA* sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap berat semen. Pengujian yang dilakukan mencakup uji kuat tekan dan daya serap air *paving block*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar *Nano-RHA* hingga 20% berkontribusi terhadap peningkatan kuat tekan *paving block* dibandingkan dengan kontrol (0%). Selain itu, daya serap air cenderung mengalami perubahan seiring dengan peningkatan kandungan *Nano-RHA* dan penggunaan air laut.

Dengan kombinasi yang tepat, *paving block* hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *paving block* konvensional. Studi ini berkontribusi dalam pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan efisien dengan memanfaatkan limbah pertanian dan sumber daya alam yang tersedia.

**Kata kunci:** *Paving block*, *Nano-RHA*, air laut, kuat tekan, daya serap air, rekayasa material.

# BAB I

## LATAR BELAKANG

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, ada peningkatan kebutuhan untuk bahan bangunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. *Paving block* sebagai salah satu elemen penting dari infrastruktur perkotaan membutuhkan inovasi untuk meningkatkan kinerja dan daya tahan. Pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan kombinasi nano-silica dan abu sekam padi (*RHA*) yang dihasilkan dari pembakaran cangkang padi. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Nano-RHA* meningkatkan kuat tekan dan daya serap air beton, yang menjadikannya pilihan menarik untuk pembuatan *paving block*. Menurut Farlianti dkk, (2024) abu sekam padi kaya akan kandungan silika, dan memiliki peran penting dalam meningkatkan kuat tekan beton dan ketahanannya terhadap kondisi ekstrim.

Penggunaan air laut juga perlu dipertimbangkan dalam produksi *paving block*. Air laut mengandung mineral yang dapat berkontribusi pada proses penetrasi semen, yang dapat meningkatkan ketebalan bahan. Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa menggunakan air laut dalam campuran beton menciptakan sifat mekanik yang sebanding dengan penggunaan air tawar, yang memiliki keunggulan dalam melestarikan sumber daya air. Menurut Patah dkk, (2022) mencatat bahwa penggunaan air laut dalam campuran beton dapat menghasilkan performa yang baik, terutama dalam aplikasi non-struktural.

Meskipun kombinasi *Nano-RHA* dan air laut dalam produksi *paving block* belum banyak diteliti, potensi sinergis dari kedua komponen ini dapat menghasilkan *paving block* dengan kekuatan yang lebih besar dan penyerapan air yang lebih. Ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah dan bahan alternatif lainnya dalam produksi *paving block* dapat mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan kinerja material. Misalnya, penelitian oleh Patah, dkk., (2022) menunjukkan bahwa penggunaan material alternatif dalam campuran beton dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan memperpanjang umur layanan material.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi kombinasi *nano-RHA* dan air laut dalam meningkatkan kekuatan dan daya serap air *paving block*. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan material konstruksi yang lebih berkelanjutan dan efisien.

Adapun *Paving Block* yang akan dibuat sebagai sampel pada penelitian ini memiliki dimensi dengan Panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 8 cm dengan menggunakan air laut untuk pencampuran dan *NANO-RHA* sebagai bahan tambah pengganti semen dengan variasi 0%, 10%, 20% pada *paving block*. Dari beberapa uraian di atas, penulis mengambil judul **“KAJIAN REKAYASA MATERIAL PAVING BLOCK: KOMBINASI NANO-RHA DAN AIR LAUT UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN DAN DAYA SERAP AIR”** penggunaan *NRHA* sebagai pengganti semen pada *paving block* diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari *paving block*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana pengaruh penggunaan *NANO-RHA* sebesar 0%, 10%, 20% sebagai bahan ganti semen dan air laut sebagai bahan pencampuran terhadap kekuatan tekan *paving block*?
- b. Bagaimana pengaruh penggunaan *NANO-RHA* sebesar 0%, 10%, 20% sebagai bahan ganti semen dan air laut sebagai bahan campuran terhadap daya serap air *paving block*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, berikut adalah tujuan dari penelitian ini:

- a. Untuk mengetahui Bagaimana pengaruh penggunaan *NANO-RHA* sebesar 0%, 10%, 20% sebagai bahan ganti semen dan air laut sebagai bahan pencampuran terhadap kekuatan tekan *paving block*?

- b. Untuk mengetahui Bagaimana pengaruh penggunaan *NANO-RHA* sebesar 0%, 10%, 20% sebagai bahan ganti semen dan air laut sebagai bahan campuran terhadap daya serap air *paving block*?

#### 1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan secara efektif maka perlu adanya Batasan ruang lingkup diantaranya sebagai berikut:

- a. Semen yang dipakai adalah semen *portland composit* (PCC) tipe 1.
- b. Bahan pengganti yang digunakan adalah *NANO-RHA* lolos saringan 200 dengan presentasi sebesar 0%, 10%, 20%. Yang berasal dari Desa Arjosari, Kecamatan Wonomulyo, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat.
- c. Agregat halus yang digunakan adalah pasir pantai yang berasal dari Mapilli, Kecamatan Mapilli, Kabupaten Polewali Mandar yang lolos saringan No.4 mm.
- d. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Battusawe, Kecamatan Duampanua, Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan yang lolos saringan No 5/6 mm.
- e. Pencampuran menggunakan air laut yang diambil di lingkungan Pangali-ali, Kecamatan Banggae, Kabupaten Majene.
- f. Perawatan yang dilakukan menggunakan air tawar yang berasal dari sumur bor Laboratorium Terpadu, Universitas Sulawesi Barat.
- g. Benda uji berukuran Panjang 20 cm x lebar 10 cm x tinggi 8 cm.
- h. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 hari, 28 hari, dan 58 hari dengan jumlah *paving block* 45 benda uji. Sesuai SNI 03-0691-1996.
- i. Pengujian daya serap air dilakukan pada umur 28 dan 56 hari dengan *paving block* ukuran panjang 20 cm x lebar 10 cm x tinggi 8 cm sebanyak 30 buah benda uji mengacu pada SNI-03-0692- 1996.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat yang diperoleh pada penelitian ini:

- a. Manfaat Teoritis: Penelitian ini akan memperkaya literatur tentang penggunaan bahan alternatif dalam konstruksi, khususnya dalam aplikasi *paving block*.
- b. Manfaat praktis : penelitian ini dapat menghasilkan *paving block* yang lebih kuat dan tahan lama, meminimalkan kebutuhan akan perbaikan dan penggantian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap keberlanjutan dalam industri konstruksi semakin meningkat. Penggunaan material alternatif, seperti limbah pertanian dan sumber daya lokal, menjadi fokus utama dalam upaya mengurangi dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi kombinasi *nano-RHA* (nano-abu sekam padi) dan air laut dalam pembuatan *paving block*, dengan harapan dapat meningkatkan kekuatan dan daya serap air material tersebut. Sebelum membahas metodologi dan hasil penelitian ini, penting untuk melihat penelitian terdahulu yang telah mengkaji penggunaan material alternatif dalam konstruksi dan dampaknya terhadap performa material.

- a. Apriansyah, dkk, (2022) *Paving Block Abu Sekam Padi Untuk Infrastruktur Desa dan Pesisir Sulawesi Barat*. Penelitian ini menguji nilai kuat tekan *paving block* dengan variasi abu sekam padi 5%,10% dan 15% untuk mengetahui komposisi material semen dan abu sekam padi yang menghasilkan nilai kuat tekan optimal pada *paving block*. Hasil yang diperoleh dari penelitian didapatkan nilai kuat tekan *paving block* pada umur 28 hari dengan variasi ASP 0% sebesar 16,37 Mpa, masuk kedalam mutu *paving block* kelas C, variasi ASP 5% sebesar 8,99 Mpa dan variasi ASP 10% sebesar 11,43 Mpa, masuk kedalam mutu *paving block* kelas D dan variasi ASP 15% sebesar 4,95 Mpa, tidak memenuhi syarat. Komposisi material semen dan abu sekam padi yang menghasilkan nilai kuat tekan optimal adalah *paving block* variasi ASP 10% dengan komposisi semen 90% dan abu sekam padi 10%.
- b. Wahyuningtias Astri & Khatulistiani Utari, (2021) *Kekuatan Paving Block Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi Dan Kapur*. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pemakaian limbah abu sekam padi dan kapur terhadap kekuatan *paving block*. Campuran *paving block* digunakan dua macam, yaitu tipe 1 menggunakan abu sekam padi sebesar 0 %, 10 %, 20 % terhadap berat semen dan tipe 2 menggunakan abu sekam padi 10 %, dan 20 %

dengan ditambahkan kapur sebesar 2,5 % terhadap berat semen. Benda uji menggunakan *paving block* ukuran 21,5 cm x 10,5 cm x 6 cm. Pengujian yang dilakukan terhadap benda uji adalah uji kuat tekan umur 7, 14 dan 28 hari dan Pengujian porositas umur 28 hari. Dari hasil uji yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa *paving block* dengan campuran abu sekam padi 10 %, dan abu sekam padi 10 % dengan kapur 2,5 % diperoleh nilai kuat tekan paling tinggi. Bila abu sekam padi digunakan lebih dari 10 % mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan. *Paving* dengan campuran kapur menghasilkan nilai kuat tekan lebih rendah dibanding *paving* abu sekam padi tanpa kapur.

- c. Dasar, dkk., (2024). *Pengaruh Air Laut Pada Kualitas Paving Block untuk Aplikasi Non- Struktural*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan air laut sebagai alternatif pengganti air tawar dalam proses pembuatan dan perawatan *paving block*, dengan latar belakang semakin terbatasnya ketersediaan air tawar dan tingginya kebutuhan air dalam industri konstruksi. Penelitian ini akan mengevaluasi kualitas material *paving block* yang menggunakan air laut baik dalam pencampuran maupun perawatan, serta menilai dampaknya terhadap sifat mekanis dan fisik *paving block*, termasuk kekuatan tekan, daya serap, porositas, dan *electrical resistivity*. Fokus utama penelitian ini adalah memberikan wawasan mengenai potensi penggunaan air laut dalam konstruksi non-struktural, khususnya di wilayah pesisir, pulau terpencil, atau daerah dengan keterbatasan air tawar, sehingga dapat menjadi solusi alternatif yang ekonomis dan berkelanjutan.
- d. Waluyo, dkk., (2018) *Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan Paving Block*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil kuat tekan rata-rata *paving block* normal dengan *paving block* yang diberi tambahan abu sekam padi, menilai pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan, serta membandingkan harga antara *paving block* normal dan *paving block* dengan tambahan abu sekam padi. Dalam penelitian ini, abu sekam padi digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan variasi sebesar 0%, 30%, 35%, dan 40% dari berat semen dalam perbandingan campuran 1 semen :10 pasir, 1 semen :13 pasir, dan 1 semen : 15 pasir. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa *paving block* dengan campuran abu sekam padi dalam perbandingan 1 semen :10 pasir menghasilkan kuat tekan optimum pada kadar abu sekam padi 16,6 %, dengan nilai sebesar 32,709 MPa. Selanjutnya, pada perbandingan 1 semen : 13 pasir, nilai kuat tekan optimum diperoleh dengan kadar abu sekam padi 13,0 %, sebesar 23,709 MPa. Terakhir, pada perbandingan 1 semen :15 pasir, kuat tekan optimum dicapai pada kadar abu sekam padi 15,0% dengan nilai sebesar 17,260 MPa.

## **2.2 Paving Block**

### **2.2.1 Definisi Paving Block**

Menurut SNI 03-0691-1996, *paving block* adalah material konstruksi yang digunakan untuk penutup permukaan jalan, trotoar, atau area lain yang memerlukan lapisan keras. *Paving block* biasanya terbuat dari beton yang dicetak dalam bentuk tertentu dan dirancang untuk memiliki ketahanan terhadap beban lalu lintas, cuaca, serta ketahanan terhadap aus.

*Paving block* mulai digunakan di Indonesia pada awal tahun 1980-an sebagai solusi untuk memperbaiki kualitas infrastruktur jalan dan trotoar. Pada periode ini, *paving block* diperkenalkan sebagai alternatif untuk aspal dan beton konvensional. Penggunaan *paving block* dianggap lebih ekonomis dan mudah dalam proses pemasangan, serta memungkinkan perbaikan yang lebih mudah. Penggunaan *paving block* dilatar belakangi oleh kebutuhan akan material yang kuat, tahan lama, dan estetis, serta mampu menahan beban lalu lintas yang cukup tinggi.

*Paving block* telah menjadi pilihan utama dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia. Dengan berbagai keunggulan yang ditawarkannya, *paving block* diharapkan terus berkembang dan berkontribusi pada peningkatan kualitas infrastruktur yang lebih berkelanjutan dan efisien.

Ketebalan *paving block* yang sering di gunakan (*specifications for precast concrete paving block*, 1980) yaitu:

- a. Ketebalan 6 cm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan yang frekuensinya terbatas, seperti pejalan kaki, sepeda motor.

- b. Ketebalan 8 cm, digunakan untuk beban lalu lintas yang frekuensinya padat, seperti sedan, pick up, bus, dan truk.
- c. Ketebalan 10 cm atau lebih, digunakan untuk beban lalu lintas yang super berat seperti *crane* dan *loader*.

### 2.2.2 Klasifikasi *Paving Block*

Berdasarkan SK SNI T-04- 1990-F, klasifikasi *paving block* didasarkan atas bentuk, tebal, kekuatan, dan warna. Klasifikasi tersebut antara lain:

- a. Klasifikasi berdasarkan bentuk

Bentuk *paving block* secara garis besar terbagi atas dua macam, yaitu:

- 1) *Paving block* segi banyak
- 2) *Paving block* bentuk segi empat besar

- b. Klasifikasi berdasarkan ketebalannya

Ketebalan *paving block* ada tiga macam, yaitu:

- 1) *Paving block* dengan ketebalan 60 mm
- 2) *Paving block* dengan ketebalan 80 mm
- 3) *Paving block* dengan ketebalan 100 mm

Pemilihan bentuk dan ketebalan dalam pemakaian harus disesuaikan dengan rencana penggunaannya dan kuat tekan *paving block* tersebut juga harus di perhatikan.

- c. Klasifikasi berdasarkan kekuatan

Pembagian kelas *paving block* berdasarkan mutu betonnya adalah:

- 1) *Paving block* dengan mutu beton  $f_c$  37,35 Mpa
- 2) *Paving block* dengan mutu beton  $f_c$  27,00 Mpa

- d. Klasifikasi berdasarkan warna

Warna yang tersedia dipasaran antara lain abu-abu, hitam, dan merah. *Paving block* yang berwarna kecuali menambah keindahan juga dapat di gunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, dan lain-lain.

### 2.2.3 Syarat dan Mutu *Paving Block*

Adapun syarat yang harus diperhatikan dalam menentukan mutu *paving block* dimana harus memenuhi syarat (SNI-03-0691-1996) diantaranya sebagai berikut:

a. Sifat tampak

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

b. Ukuran

Bata beton (*paving block*) harus mempunyai tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi  $\pm 8\%$ .

c. Sifat fisika

Bata beton (*paving block*) harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Fisika *Paving Block*

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	0.149	6
C	15	12.5	0.16	0.184	8
D	10	8.5	0.219	0.251	10

Sumber: Bata Beton (*paving block*), SNI 03-0691-1996

Klasifikasi bata beton (*paving block*):

- 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

Menurut *British Standar Instituion 6717 part I 1986* tentang *Precast Concrete Paving Block*. Persyaratan untuk *paving block* antara lain:

- Paving block* sebaiknya mempunyai ketebalan tidak kurang dari 60 mm

- b. Ketebalan *paving block* yang baik yaitu 60 mm, 65 mm, 80 mm, dan 100 mm.
- c. *Paving block* dengan bentuk persegi Panjang sebaiknya mempunyai panjang 200 mm dan lebar 100 mm.
- d. Lebar tali air yang terdapat pada badan *paving* sebaiknya lebih dari 7 mm
- e. Toleransi dimensi pada *paving block* yang diijinkan yaitu:
  - 1) Panjang  $\pm 2$  mm.
  - 2) Lebar  $\pm 2$  mm.
  - 3) Tebal  $\pm 3$  mm.

#### **2.2.4 Material Penyusun *Paving Block***

Material penyusun *paving block* umumnya terdiri dari beberapa komponen utama, yang masing-masing memiliki peran penting dalam menentukan kualitas dan performa *paving block*. Berikut adalah material penyusun utama yang sering digunakan:

##### a. Semen Portland

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, 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 membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Semen yang digunakan di Indonesia syarat SII.0013-81 dan sesuai dengan (SNI-15-2049-1994).

##### b. Agregat Halus

Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran *paving block* sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat/semen. Pasir adalah salah satu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus. Yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.8 dan tertahan pada saringan no.200. pasir merupakan bahan tambahan yang tidak bekerja aktif dalam proses pengerasan, walaupun

demikian kualitas pasir sangat berpengaruh pada beton. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu *paving block* yang dihasilkan.

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

- 1) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tertinggal diatas ayakan No.200 dan terdiri dari butiran tajam dan kerja modulus kehalusan antara 1,5-3,8
- 2) Kadar lumpur / bagian butir yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 5%. dari berat kering, jika kadar lumpur lebih dari 5% maka pasir harus di cuci.
- 3) Kadar zat organik yang terkandung ditentukan dengan pencampuran agregat halus dengan larutan natrium sulfat ( $\text{NaSO}_4$ ) 3%, jika dibandingkan dengan warna standar atau perbandingan tidak lebih tua dari pada warna standar.
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan atau zat yang sifatnya merusak beton, termasuk yang menimbulkan karat pada tulangan (PBB 1971).

c. Air

Fungsi air pada campuran *paving block* adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlansungnya 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 organic, 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.

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 *paving block* yang di hasilkan. Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi 15 tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan *paving block* yang dihasilkan.

d. Air laut

Fungsi air laut pada campuran *paving block* adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Air laut mengandung 3,5% garam pada umumnya dapat digunakan sebagai campuran untuk beton tidak bertulang. Dalam beberapa penelitian, penggunaan air laut menunjukkan peningkatan kekuatan awal pada beton karena kandungan klorida yang mempercepat reaksi kimia. Namun, efek jangka panjang yang tersisa di dalam struktur harus diperhatikan, terutama jika *paving block* digunakan di lingkungan yang lembab. Selain itu, kandungan sulfat dalam air laut dapat berpotensi merusak struktur internal semen seiring waktu, sehingga perlu dilakukan uji coba untuk memastikan kualitas dan daya tahannya.

e. Abu sekam padi

Abu sekam padi adalah produk sampingan dari pembakaran sekam padi, yang merupakan limbah pertanian dari proses pengolahan padi. Material ini memiliki kandungan silika yang sangat tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *paving block*. Kandungan silika dalam abu sekam padi berperan sebagai bahan *pozzolanik* yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam semen membentuk senyawa yang meningkatkan kekuatan dan daya tahan *paving block*. Selain itu penggunaan abu sekam padi dapat mengurangi ketergantungan pada semen yang tidak hanya menghemat biaya produksi, tetapi juga mengurangi emisi karbon yang dihasilkan dalam proses produksi semen. Komposisi kimia yang terkandung dalam abu sekam padi adalah seperti pada tabel 2.3 di bawah ini:

Tabel 2.2 komposisi kimia abu sekam padi (%)

Bahan	Temperature				
	Origin (%)	400°(%)	600°(%)	700°(%)	1000°(%)
SiO <sub>2</sub>	88.01	88.05	88.67	92.15	95.48
MgO	1.17	1.13	0.84	0.51	0.50
SO <sub>3</sub>	1.12	0.83	0.81	0.79	0.09
CaO	2.56	2.02	1.73	1.60	1.16
K <sub>2</sub> O	5.26	6.48	6.41	3.94	11.28
NaO <sub>2</sub>	0.79	0.76	1.09	0.99	0.73
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.29	0.74	0.46	0.00	0.43

Sumber : Hwang, C.L.,(2002)

Menurut Cordeiro (2009), Penggunaan abu sekam padi yang reaktif sebagai bahan pengganti semen dapat mengurangi emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari produksi semen. Selain itu, Abu sekam padi dapat meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan beton. Selain itu, pengganti semen dengan abu sekam padi juga memiliki keuntungan lingkungan lainnya: karbon yang tersisa dalam abu, yang dapat dilepaskan ke atmosfer selama periode penyimpanan yang lama, akan terperangkap dalam beton. *Ultrafine Rice Husk Ash* (Abu sekam padi) adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi yang diproses dengan cara tertentu untuk menghasilkan partikel yang lebih halus (*Ultrafine*).

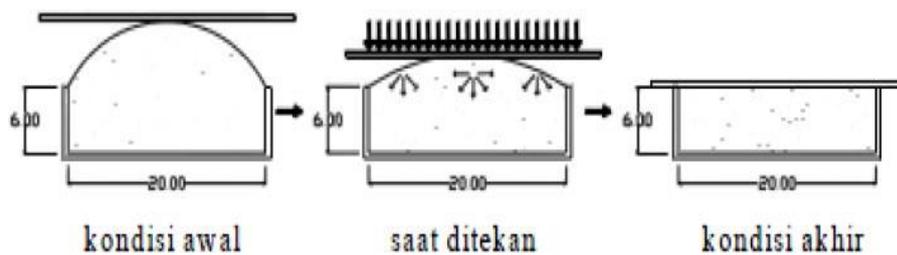
### 2.2.5 Metode Pembuatan *Paving Block*

Metode pembuatan paving block ini dapat disesuaikan dengan teknologi dan inovasi terbaru, termasuk penggunaan bahan ramah lingkungan. Masyarakat biasanya menggunakan 2 metode dalam cara pembuatan *paving block* metode yang digunakan, yaitu:

- a. Metode konvensional

Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Cara konvensional dalam pembuatan *paving block* dilakukan dengan menggunakan alat geblokan/plat tebal dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga pekerjanya. Metode konvensional banyak digunakan oleh masyarakat sebagai *industry* rumah tangga karena selain alat yang digunakan sederhana, juga mudah dalam proses pembuatannya sehingga dapat digunakan oleh siapa saja semakin kuat tenaga orang yang mengerjakan maka akan semakin padat dan kuat *paving block* yang dihasilkan.

Dilihat dari cara pembuatannya, metode ini akan mengakibatkan pekerja cepat kelelahan karena proses pemadatan dilakukan dengan menghantam alat pemadat pada adukan yang berada dalam cetakan.

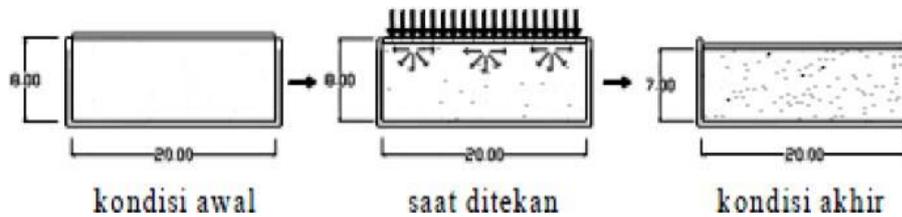


Gambar 2.1 Metode Konvensional (Fardzanella suwarto, dkk, 2020)

b. Metode mekanisme

Metode mekanis didalam masyarakat biasanya disebut metode press. Metode ini masih jarang digunakan karena untuk pembuatan *paving block* dengan metode mekanis membutuhkan alat yang relatif mahal. Metode mekanis biasanya membutuhkan alat yang digunakan oleh pabrik dengan skala industry sedang atau besar. Pembuatan *paving block* cara mekanis dilakukan dengan menggunakan mesin (compression apparatus).

Untuk metode ini membutuhkan biaya yang cukup mahal dibanding dengan metode konvensional. Namun keunggulan dari metode ini bisa di produksi secara massa dan bisa menghemat waktu dalam pembuatannya.



Gambar 2.2 Metode Mekanis (Fardzanela Suwanto, ddk, 2020)

### 2.2.6 Perawatan *Paving Block*

Metode perawatan benda uji mengacu pada SNI-2493-2011. Setelah pembuatan sampel benda uji selesai, maka akan dilakukan perawatan (*curing*) dengan metode penyiraman seluruh permukaan *paving block* dengan menggunakan air tawar (*fresh water*) Dengan menyimpan *paving block* di tempat yang aman dan hindari langsung dari terik matahari karena akan mempengaruhi mutu dari *paving block*. Dari perawatan *paving block* sendiri itu tidak direndam secara langsung dikolam dengan beberapa waktu melainkan dipercik dengan air.

### 2.2.7 Pengujian *Paving Block*

Pengujian yang akan dilakukan di laboratorium meliputi pengujian kuat tekan dan daya serap air pada *paving block*. Berikut penjelasan masing-masing pengujian:

#### a. Kuat tekan *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 di gunakan untuk menghitung kuat tekan/kuat desak adalah sebagai berikut:

$$\sigma = P/A \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

$\sigma$  = 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 rata-rata *paving block* didapat dari perhitungan jumlah kuat tekan *paving* dibagi dengan jumlah sampel yang diuji. Umur benda uji yang

akan dilakukan pada umur 7 hari, 28 hari, dan 56 hari.

Standar deviasi memberikan informasi tentang seberapa besar variasi atau penyebaran data kuat tekan beton dari nilai rata-ratanya. Semakin kecil nilai standar deviasi, semakin seragam kualitas beton yang dihasilkan. Sebaliknya, nilai standar deviasi yang besar menunjukkan variasi kualitas beton yang kurang seragam. Adapun standar deviasi yang digunakan, terdapat pada persamaan 2.2.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

S= standar deviasi

$\sum$ = simbol sigma (menunjukkan penjumlahan)

$xi$ = nilai data ke- $i$

$\bar{x}$ = rata-rata sampel

$n$ = jumlah data dalam sampel

Untuk menentukan mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton yaitu semakin kecil nilai standar deviasi yang digunakan maka pengendalian pelaksanaan pencampuran beton pada pelaksanaan semakin baik. Berikut adalah penetapan nilai standar deviasi.

**Tabel 2.3** Standar Deviasi

<b>Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan</b>	<b>Standar Deviasi (MPa)</b>
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

*Sumber: Teknologi Beton, 2004*

b. Daya serap air

Daya serap air adalah ukuran kemampuan suatu beton berpori (*reservoir*) untuk mengalir fluida permeabilitas berpengaruh terhadap besarnya kemampuan produksi (laju air) pada sumur-sumur penghasilannya. Hubungan *interbilas* dengan laju alir di suatu sistem media berpori, pertama kali dikemukakan oleh Darcy.

1) Berat kering (A)

Untuk mendapatkan nilai berat kering (A) dilakukan pengovenan *paving block* selama 9 jam pada suhu 150°C. Setelah dioven, kemudian didiamkan selama 30 menit untuk ditimbang berat kering oven (A). setelah itu direndam selama 14 jam.

2) Berat SSD/kering permukaan (C)

Setelah direndam selama 14 jam, benda uji dimasak selama 5 jam. Setelah itu, benda uji diangkat dan diamkan selama 3 jam. Setelah itu benda uji ditimbang dalam air menggunakan timbangan berat jenis (*specific gravity*). Kemudian lap permukaan benda uji hingga benda uji SSD dan selanjutnya benda uji ditimbang SSD (C)

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

Dimana :

C = Berat penimpang sebelum dikeringkan

A = Berat menimpah setelah dikeringkan

## DAFTAR PUSTKA

- American Society For Testing and Materials* (ASTM). (2003). ASTM C33/C33M 03: *Standard Specification for Concrete Aggregates*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- American Society For Testing and Materials.. (2013). ASTM C642-13: *Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete*. ASTM International.
- American Society For Testing and Materials.. (1990). ASTM C642-90: *a standard test method for determining the density, absorption, and voids in hardened concrete*. ASTM International.
- American Society For Testing and Materials.. (2020). ASTM C1898-20: *Standard Test Methods for Determining the Chemical Resistance of Concrete Products to Acid Attack*. ASTM International.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2024. *Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. In AASHTO T 255. Washington DC: WSDOT Materials Manual.
- Apriansyah, Dwi Permadi, Y., Patah, D. & Yusman (2022) *Paving Block Abu Sekam Padi Untuk Infrastruktur Desa Pesisir Sulawesi Barat*. Vol 26, No 1.
- Badan Standarisasai Nasional, 1996. *Bata Beton (Paving Block)*
- Badan Standarisasi Nasional, 1996. *Bata Beton (Paving Block)*. In SNI 03-0691-1996. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. In SNI 03-2834-2000. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional 1987, SNI 03-0028-1987 metode pengujian daya serap dan porositas.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Sni 2847-2019, 8, 720
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI T-04-1990-F. *Klasifikasi Paving Block*
- Badan Standardisasi Nasional, 1992. SNI 03-0692-1996. *Spesifikasi Teknis Pekerjaan Paving Block*.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015. SNI 2049:2015, *Semen Portland*. Jakarta.

- Badan Standardisasi Nasional, 2011. SNI 2493:2011, Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Jakarta, BSN.S
- Badan Standardisasi Nasional, 2011. SNI 2493:2011, Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Jakarta, BSN.S
- Badan Standardisasi Nasional, 1990. SNI T-04-1990-F. Klasifikasi Paving Block.
- Ciptasari, D. K., Facriza, N., & Haryanto, B. (2017). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan Beton dengan Agregat Kasar Korallong Iram dan Agregat Halus Pasir Mahakam*. Jurnal Teknologi Sipil, 1(2), 52-60. <https://e-journal.unmul.ac.id/index.php/TS/article/download/2144/1592>
- Dasar, A., Patah, D. & Apriansyah, 2024. Pengaruh air Laut pada Kualitas Paving Block untuk Aplikasi Non-Struktural. Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, 8, pp.253-66.
- Farlianti. S., Hasyim. S., Aminuddin. K.M. & Sapta (2024) *Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada campuran beton geopolimer : riview kinerja*. VOL. 11 NO. 2.
- Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*. Andi.
- Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. (2022). Durabilitas Baja Tulangan pada Beton Menggunakan Material Batu Gamping, Pasir Laut dan Air Laut dalam gCampuran Beton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*. 28(1), 109-117.
- Patah, D., Dasar,A. & Apriansyah (2024). *Pengaruh Air Laut pada Kualitas Paving Block untuk Aplikasi Non Struktural*. Volume 8 Nomor 3
- Suhedi, A., & Pratama, R. (2020) *Efekt Penggunaan Air Laut dalam Campuran Beton dan Paving Block*. Jurnal Rekayasa Konstruksi, 14(2), 35-42.
- Wahyuningtias, A. & Khatulistiani, U. (Agustus, 2021) *Kekuatan Paving Block Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi Dan Kapur*. Volume 9.
- Waluyo, B., Pujiyanto, A., & Soebandono, B. (2018). Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan Paving Block. *Semesta Teknika*, 16(2), 139-144. <https://doi.org/10.18196/st.v16i2.4899>