

SKRIPSI

**PENGUNAAN AIR LAUT DAN *NANO PALM OIL FUEL ASH (NPOFA)*
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN DAYA TAHAN *PAVING BLOCK***

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



Disusun Oleh:

CANDRA TETEHUKA

D01 21 339

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE
2025**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
FAKULTAS TEKNIK**

Alamat : Kampus Padhang-Padhang Banggae Timur Majene Sulawesi Barat
Website ://ft.unsulbar.ac.id Instagram : ft_universitas Sulawesi Barat

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGUNAAN AIR LAUT DAN *NANO PALM OIL FUEL ASH (NPOFA)*
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN DAYA TAHAN *PAVING BLOCK***

TUGAS AKHIR

Oleh

CANDRA TETEHUKA

NIM: D0121339

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)

Tanggal 17 Maret 2025

Menyetujui,

Tim Pembimbing,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Eng. Ir. Dahlia Patah, ST., M.Eng
NIP. 19860825 201504 2 001

Nur Okvivani, S., SL., MT.
NIP. 19901022 202203 2 012

Mengetahui,

Ketua Jurusan

Dekan Fakultas Teknik

Amalia Nurdin, ST., MT
NIP. 19871212 201903 2 017

Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T
NIP. 19640405 199003 2 002

ABSTRAK

PENGGUNAAN AIR LAUT DAN *NANO PALM OIL FUEL ASH* (NPOFA) TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN DAYA TAHAN *PAVING BLOCK*

CANDRA TETEHUKA

Dosen Pembimbing

Dr.Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng¹ ; Nur Okviyani, S.Si.,M.T²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

Jl. Prof. Dr. Baharuddin Lopa, SH. Talumung, Majene Sulawsi Barat

Email: candratetehuka@gmail.com

Paving block adalah salah satu produk konstruksi yang biasa digunakan untuk perkerasan jalan, halaman rumah, trotoar dan lainnya. Kualitas dan daya tahan *paving block* sangat dipengaruhi oleh komposisi dan material yang digunakan dalam pembuatannya. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan kualitas *paving block* adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan lokal yang tersedia, termasuk air laut dan limbah industri.

Dalam penelitian ini menggunakan air laut dan Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA). *Paving block* yang diuji memiliki dimensi 20 cm x 10 cm x 8 cm, dengan variasi NPOFA sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% sebagai pengganti semen. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa *paving block* dengan 10% NPOFA menghasilkan kuat tekan tertinggi pada umur 56 hari, meningkat 15% dibandingkan dengan kontrol (0% NPOFA).

Pengujian ketahanan terhadap acid (asam) setelah 56 hari menunjukkan bahwa *paving block* dengan 10 % NPOFA memiliki ketahanan terbaik dibanding penambahan 20% dan 30% namun tipe tersebut tidak masuk kedalam mutu. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak pemanbahan NPOFA, maka kekuatan daya serapnya akan semakin meningkat namun nilai kuat tekannya akan semakin menurun.

Kata kunci: *Paving Block, Air Laut, Kuat Tekan, Daya Serap Air, Acid.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Paving block merupakan salah satu material penting dalam pembangunan infrastruktur perkotaan, seperti jalan, trotoar, dan area publik lainnya. Kualitas dan daya tahan *paving block* sangat dipengaruhi oleh komposisi dan material yang digunakan dalam pembuatannya. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan kualitas *paving block* adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan lokal yang tersedia, termasuk air laut dan limbah industri.

Penggunaan air laut dalam pembuatan *paving block* juga memiliki potensi yang menjanjikan. Air laut dapat mengurangi penggunaan air tawar yang semakin langka, terutama di daerah-daerah yang mengalami masalah kekurangan air bersih. Namun, penerapan air laut dalam campuran beton perlu diimbangi dengan analisis yang mendalam terkait dampaknya terhadap korosi dan ketahanan material. Hal ini telah diteliti oleh Rahmat (2019) bahwa penggunaan air laut dapat meningkatkan ketahanan material.

Kabupaten Mamuju Tengah merupakan salah satu daerah di Sulawesi Barat yang memiliki potensi besar dari limbah *Palm Oil Fuel Ash (POFA)*, yang dihasilkan dari proses pembakaran minyak sawit. Limbah ini seringkali menumpuk dan menjadi masalah lingkungan. Dengan karakteristik fisik yang halus, *POFA* dapat berfungsi sebagai bahan tambahan yang mampu meningkatkan sifat mekanik beton, seperti kuat tekan dan ketahanan terhadap faktor lingkungan. Menurut penelitian Amry (2024) *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* dapat meningkatkan ketahanan dan durabilitas beton.

Pemanfaatan air laut dan limbah *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* dari Kabupaten Mamuju Tengah bertujuan untuk menciptakan produk *paving block* yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi terhadap permasalahan limbah serta meningkatkan kualitas bahan konstruksi di wilayah Mamuju Tengah dan sekitarnya.

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 Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebagai bahan tambah pengganti semen dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30% pada paving block. Dari beberapa uraian di atas, penulis mengambil judul “ **PENGGUNAAN AIR LAUT DAN NANO PALM OIL FUEL ASH (NPOFA) TERHADAP SIKAP MEKANIK DAN DAYA TAHAN PAVING BLOCK**” penggunaan bahan tambah 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:

1. Bagaimana pengaruh air laut dan *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebesar 0%, 10%, 20%, 30% sebagai pengganti semen pada pembuatan *paving block* terhadap kuat tekan?
2. Bagaimana pengaruh *paving block* dengan bahan tambah *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebesar 0%,10%, 20%, 30% sebagai pengganti semen terhadap daya serap dan porositas?
3. Berapakah nilai optimum kuat tekan *paving block* dengan menggunakan *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebesar 0%, 10%, 20%, 30% sebagai bahan pengganti semen?
4. Bagaimanakah ketahanan *paving block* setelah dilakukan perendaman acid selama 28 hari?

1.3 Tujuan penelitian

Penelitian ini menggunakan air laut dan *NPOFA* sebagai bahan tambah pengganti semen pada *paving block*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh air laut dan *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebesar 0%, 10%, 20%, 30% sebagai bahan pengganti semen pada pembuatan *paving block* terhadap kuat tekan?

2. Untuk mengetahui pengaruh *paving block* dengan bahan tambah *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebesar 0%, 10%, 20%, 30% sebagai pengganti semen terhadap daya serap dan porositas?
3. Untuk mengetahui nilai optimum kuat tekan *paving block* dengan menggunakan *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebesar 0%, 10%, 20%, 30% sebagai bahan pengganti semen?
4. Untuk mengetahui ketahanan *paving block* setelah dilakukan perendaman acid selama 28 hari?

1.4 Batasan Masalah

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

1. Semen yang dipakai adalah semen *portland composit (PCC)* tipe 1.
2. Bahan pengganti yang digunakan adalah *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* lolos saringan 200 dengan presentasi sebesar 0%, 10%, 20%, 30%. Yang berasal dari PT Surya Lestari II di Kecamatan Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah, Provinsi Sulawesi Barat.
3. Agregat halus yang digunakan adalah pasir pantai yang berasal dari Pamboang, Kecamatan Pamboang, Kabupaten Majene yang lolos saringan No.4 mm.
4. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Battusawe, Kecamatan Duampanua, Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan yang lolos saringan No 5/6 mm.
5. Pencampuran menggunakan air laut yang diambil di lingkungan Pangali-ali, Kecamatan Banggae, Kabupaten Majene.
6. Perawatan yang dilakukan menggunakan air tawar yang berasal dari sumur bor Laboratorium Terpadu, Universitas Sulawesi Barat.
7. Benda uji berukuran Panjang 20 cm x lebar 10 cm x tinggi 8 cm dan panjang 10 cm x lebar 10 cm x tinggi 8 cm.
8. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan jumlah *paving block* 60 benda uji. Sesuai SNI 03-0691-1996.

9. Pengujian daya serap air dilakukan pada umur 28 hari dengan paving block ukuran panjang 10 cm x lebar 10 cm x tinggi 8 cm sebanyak 8 buah benda uji mengacu pada SNI-03-0692- 1996.
10. Pengujian ketahanan acid dilakukan pada umur 56 hari dengan jumlah *paving block* 20 buah. Sesuai pada ASTM-C1898-20.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah memberikan informasi bagaimana pengaruh kuat tekan dan daya serapan air pada *paving block* dengan pencampuran menggunakan air laut dan *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebagai bahan pengganti semen dan perawatan menggunakan air tawar.
2. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat diaplikasikan dalam proyek pembangunan infrastruktur, memberikan solusi yang lebih berkelanjutan dan ekonomis dan bisah menjadi bahan referensi bagi penelitian selanjutnya, khususnya di bidang ketekniksipilan

1.6 Sistematika Penelitian

Secara umum tulisan ini terbagi lima bab yaitu : Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Penutup. Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab diatas.

BAB I Latar Belakang

Bab ini memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan tentang teori-teori yang menyangkut tentang penelitian ini.

BAB III Metode Penelitian

Bab ini memuat bagan alir penelitian, tahapan selama penelitian meliputi tempat dan waktu penelitian, alat penelitian, prosedur kerja, metode percobaan, metode pengumpulan data, serta diagram alir penelitian.

BAB IV Hasil dan Penelitian

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil-hasil pengujian kuat tekan, porositas, daya serap dan ketahanan acid.

BAB V Penutup

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisis hasil yang di peroleh saat penelitian dan disertai dengan saran.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Perkembangan infrastruktur saat ini telah berkembang sangat pesat, telah banyak produk-produk infrastruktur yang telah diteliti dan dikembangkan sehingga menjadi produk ramah lingkungan yang baik digunakan. Salah satu produk infrastruktur yang populer digunakan dalam pembangunan jalan dan trotoar adalah *paving block* karena sifatnya yang fungsional dan estetis. Beberapa peneliti terdahulu sudah membahas tentang pengaruh air laut dan abu cangkang sawit pada pembuatan *paving block* sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis sedikit berbeda dari peneliti terdahulu mulai dari bentuk perawatan yang digunakan, bentuk cetakan. Selain itu fokus dari peneliti adalah pengaruh *Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)* sebagai bahan ganti semen pada pembuatan *paving block*.

1. (Hussein M. dkk., 2023). *Optimization of sustainable concrete characteristics incorporating palm oil clinker and nano-palm oil fuel ash using response surface methodology*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk pengaruh *nano palm oil fuel ash (NPOFA)* dan *palm oil clinker (POC)* digantikan sebagian sebagai pengganti semen. Penggunaan bahan pengikat NPOFA meningkatkan kemampuan kerja dan kuat tekan material beton, selain meningkatkan keberlanjutan industri beton. Sementara itu, hasil penilaian ekonomi dan lingkungan juga menunjukkan bahwa penambahan NPOFA dan POC secara signifikan mengurangi biaya dan emisi karbon beton, dan dampak NPOFA bahkan lebih terasa.
2. (Ade Sonia, 2024), Pengaruh butiran abu cangkang kelapa sawit pada pembuatan *paving block*. Pemanfaatan limbah abu cangkang sawit dalam pembuatan *paving block* berguna untuk mengurangi limbah yang ada di masyarakat. Selain itu penggunaan air laut juga merupakan upaya yang dilakukan untuk melestarikan air bersih. Dalam penelitian ini menggunakan limbah abu cangkang sawit dengan presentase 20 % yang lolos saringan

No 40, No 50 dan No 100. Pengujian kuat tekan paving block dilakukan pada umur 28 hari dan 91 hari. Pengujian daya serap dan porositas dilakukan di umur 28 hari dan 91 hari. Kuat tekan pengaruh dari pencampuran air laut dengan presentase bahan tambah abu cangkang sawit dengan presentase 20% sangat mempengaruhi kuat tekan *paving block*. Dimana pada pencampuran air laut lebih kuat di bandingkan dengan pencampuran air tawar.

3. (Ardiansyah, 2023) Efek Pencampuran Air Laut Dan Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kekuatan Beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan dan kuat belah beton serta mencari proporsi terbaik terhadap pengganti sebagian semen dengan abu cangkang sawit sebanyak 5%, 10%, dan 20% dengan pencampuran air laut dan menggunakan faktor air semen (FAS) 40%. Untuk menilai perilaku mekanik beton, maka metode dalam penelitian ini, digunakan metode pengujian kuat tekan dan kuat belah beton serta menghitung modulus elastisitas beton yang menggunakan benda uji silinder 10 cm x 20 cm dengan pengujian pada umur 7 dan 28 hari. Pengujian ini didasarkan kuat tekan rencana sebesar 24,9 Mpa (K300). Nilai optimum penggunaan abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 5%, 10%, dan 20% pada umur 28 hari adalah beton variasi 5 % (CS5-SF) dengan nilai kuat tekan beton sebesar 34.92 MPa, dengan kuat belahnya 3.51 MPa. Sudah memenuhi standar mutu beton yaitu mutu beton K300 (24.9 MPa).
4. (Muhammad Reja Palepy, 2020) Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik Pada Beton Dengan Bahan Tambahan *Superplasticizer* (Studi Penelitian). Penelitian ini bertujuan untuk variasi dari agregat halus dengan Abu cangkang kelapa sawit. Abu cangkang kelapa sawit di sini digunakan sebagai variasi dari agregat halus untuk campuran beton. *Superplasticizer* atau *high range water reducer admixtures* sangat meningkatkan kelecakan campuran. Dengan variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit 0%, 10%, 20% dan 30% dari berat

pasir dan sika *viscocrete* 3115N sebesar 0,8% dari berat semen. Nilai kuat tarik yang diperoleh mengalami kenaikan pada variasi 10% dengan nilai (4,74 MPa) dari beton normal dengan nilai (4,60MPa) dan mengalami penurunan pada variasi 20% (3,96 MPa) dan variasi 30% (3,54MPa). Nilai kuat tarik optimum terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 10%.

5. (M. Umamageshwari & TD Ramadasan, 2020) Judul penelitian *Mechanical and Durability Properties of Palm Kernel Shell Ash Concrete*. Pada penelitian ini melakukan analisis Kemampuan Kerja *Kernel Shell Ash*. *Kernel Shell Ash* merupakan produk limbah pertanian yang dibakar hingga menjadi abu. Penelitian ini mengkaji kemungkinan penggunaan Abu Cangkang Sawit sebagai pengganti sebagian semen. Dalam penelitian ini PKSA diganti sebagian menjadi 0%, 6%, 12% dan 18% sebagai pengganti semen dalam beton untuk campuran M30 dan dibandingkan dengan beton konvensional. Hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan tinggi dicapai pada penggantian 6% PKSA dengan semen. Selanjutnya uji ketahanan menunjukkan bahwa beton PKSA lebih tahan terhadap penyerapan asam, basa dan air.

2.2 *Paving Block*

2.2.1 Definisi *paving block*

Paving block merupakan bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen, pasir, air, dan agregat seperti batu pecah atau kerikil. Biasanya digunakan sebagai penutup permukaan untuk area luar ruangan seperti jalan masuk, teras, dan jalur pejalan kaki. *Paving block* dikenal karena daya tahan, kekuatan, dan daya tarik estetika. *Paving block* memiliki berbagai bentuk, ukuran, dan warna, dan dapat disusun dalam pola yang berbeda. *Paving block* juga dapat diklasifikasikan berdasarkan kualitas dan tujuan penggunaannya, misalnya untuk area lalu lintas padat atau jalur pejalan kaki.

Paving block juga dikenal sebagai *interblockconcrete*. Sejak 1950-an telah banyak digunakan di Belanda sebagai alternatif batu bata tradisional untuk pekerjaan jalan beton. *Paving block* dibuat dari

campuran semen Portland atau pengikat hidrolis seperti air dan agregat. Ketebalan *paving block* yang sering digunakan berdasarkan SK SNI T-04-1990-F, yaitu:

- a. Ketebalan 6 cm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan yang frekuensinyaterbatas, 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 superberat seperti crane, 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

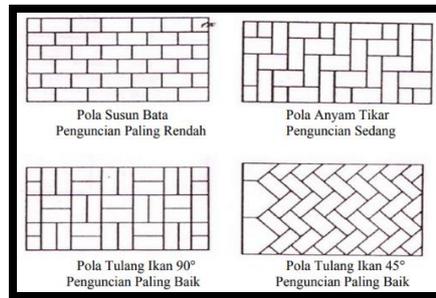


Gambar 2.1 Jenis-jenis *Paving Block*

Pola pemasangan *paving block* disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Pola yang umum digunakan ialah susun bata (*Stretcher*), anyaman tikar (*Basket weave*), dan tulang ikan (*Haerring bone*). Untuk perkerasan jalan biasanya menggunakan pola tulang ikan karena mempunyai kuncian yang baik. Dalam proses pemasangannya, *paving*

block harus berpinggul dan pada tepi susunan paving block biasanya dirurup dengan pasak yang berbentuk topi uskup.

Beberapa pola pemasangan paving block untuk lapisan perkerasan yang sering di gunakan pada perkerasan jalan.



Gambar 2.2 Pola Pemasangan *Paving Block*

b. Klasifikasi berdasarkan ketebalan

Ketebalan *paving block* dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

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

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 banyak tersedia dipasaran antara lain abu-abu, hitam, dan merah. *Paving block* yang berwarna selain dapat menambah keindahan juga dapat digunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, tali air, dan lain-lain.

2.2.3 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 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 fisisk

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

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisika bata beton (*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*), SNI03-0691-1996

Klasifikasi bata beton (*paving block*) 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.

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

- a. *Paving block* sebaiknya mempunyai ketebalan tidak kurang dari 60 mm
- b. Ketebalan *paving block* yang baik yaitu 60 mm, 65 mm, 80 mm, dan 100mm
- 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 block* sebaiknya lebih dari 7 mm
- e. Toleransi dimensi pada *paving* yang diijinkan yaitu:
 - 1) Panjang ± 2 mm.
 - 2) Lebar ± 2 mm.
 - 3) Tebal ± 3 mm

2.2.4 Material Penyusun *Paving Block*

Beton adalah material konstruksi yang terdiri dari beberapa komponen utama yang saling berinteraksi untuk memberikan kekuatan dan daya tahan.

a. Semen PCC

Semen merupakan bahan perekat kimia yang mengerasakan bahan campuran lainnya sehingga tahan lama dan kaku. Ini digunakan untuk mengikat berbagai bahan bangunan seperti batu, bata, dan balok beton menjadi satu. Semen merupakan komponen penting dalam industri konstruksi yang memungkinkan terciptanya struktur yang kuat dan kokoh, dalam konteks teknik sipil, semen merupakan bahan utama dalam pembuatan beton, yaitu suatu material komposit yang terdiri dari semen, agregat (seperti pasir dan kerikil), dan air. Semen bertindak sebagai pengikat, menyatukan agregat dan membentuk massa padat ketika mengeras.

Semen berperan penting dalam Pembangunan infrastruktur konstruksi. Ada berbagai jenis semen yang tersedia, antara lain semen Portland, semen Portland Pozzolan, dan semen pasangan bata, masing- masing dengan sifat dan kegunaannya masing-masing. Penggunaan semen dalam konstruksi bergantung pada parameter desain, persyaratan fungsional struktur, kondisi lingkungan, dan karakteristik ketahanan lokasi proyek. Biasanya digunakan untuk membuat beton dan mortar, yang penting dalam membangun fondasi, dinding, dan elemen struktural lainnya.

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah komponen material konstruksi yang terdiri dari butiran berukuran lebih kecil dari 5 mm sesuai SNI 02-6820-2002. Umumnya, agregat halus terbuat dari pasir, yang dapat berasal dari sumber alami seperti pasir sungai, pasir pantai, atau pasir gunung. Dalam campuran beton, agregat halus berfungsi untuk mengisi ruang kosong antara agregat kasar, sehingga menciptakan struktur yang lebih padat dan stabil. Penggunaan agregat halus yang tepat sangat penting dalam menentukan kualitas dan performa beton yang dihasilkan.

Menurut SNI 03-6821-2002 terdapat beberapa persyaratan agregat halus yang harus dipenuhi sesuai standar prosedur, sebagai berikut :

- 1) Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- 2) Butir-butir halus bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh
- 3) pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10%.
- 4) Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.

c. Air laut

Fungsi air laut pada campuran *paving block* adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlansungnya proses pengikatan. Air laut mengandung 3,5% garam pada umumnya dapat digunakan sebagai campuran untuk beton tidak bertulang. Dikarenakan banyak jurnal yang membahas tentang pencampuran dan perawatan air laut yang menghasilkan kuat tekan lebih baik.

d. NPOFA

NPOFA, atau Nano Palm Oil Fuel Ash, adalah abu yang dihasilkan dari proses pembakaran limbah kelapa sawit, khususnya dari pengolahan minyak sawit. NPOFA memiliki kandungan pozzolan yang didalamnya mengandung silika atau siliko-alumina, atau kombinasi keduanya yang sama seperti semen (Dasar, dkk 2023). Penelitian (Hussein M, 2023), Penggunaan NPOFA sebagai bahan tambah dapat menjadi bahan pengikat dan dapat meningkatkan kemampuan kerja serta kuat tekan material beton.

Abu ini diproses pada skala nano atau lolos saringan nomor 200 untuk meningkatkan sifat-sifatnya, sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri, terutama dalam konstruksi dan material komposit. Butiran yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar. Ini dapat meningkatkan reaksi pozzolanik dengan semen, sehingga meningkatkan kekuatan dan durabilitas beton.

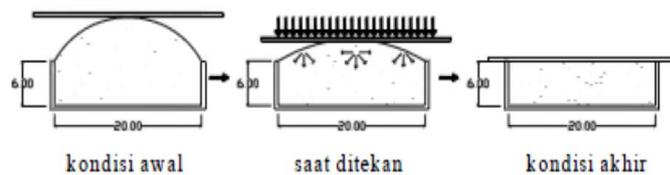
2.2.5 Metode Pembuatan *Paving Block*

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 dan lebih dikenal dengan metode gublokan. Cara konvensional dalam pembuatan *paving block* dilakukan dengan menggunakan alat gublokan dengan beban pemadatan yang

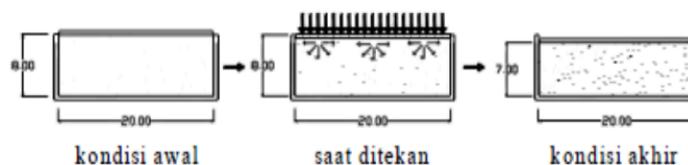
berpengaruh terhadap tenaga pekerjanya. Metode konvensional banyak digunakan oleh masyarakat sebagai industri rumah tangga karena selain alat yang digunakan sederhana, juga mudah dalam proses pembuatannya sehingga dapat digunakan oleh siapa saja semakin kuat tenaga orang yang mengerjakan maka akan semakin padat dan kuat *paving block* yang dihasilkan. Dilihat dari cara pembuatannya, akan mengakibatkan pekerja cepat kelelahan karena proses pemadatan dilakukan dengan menghantam alat pemadat pada adukan yang berada dalam cetakan.



Gambar 2.3 Metode Konvensional

b. Metode Mekanis

Metode mekanis didalam masyarakat biasanya disebut metode press. Metode ini masih jarang digunakan karena untuk pembuatan *paving block* dengan metode mekanis membutuhkan alat yang relative mahal. Metode mekanis biasanya membutuhkan alat yang digunakan oleh pabrik. Pembuatan *paving block* cara mekanis dilakukan dengan menggunakan mesin (*compression apparatus*). Untuk metode ini membutuhkan biaya yang cukup mahal di banding dengan metode konvensional. Namun keunggulan dari metode ini bisa di produksi secara massa dan bisa menghemat waktu dalam pembuatannya.



Gambar 2.4 Metode Mekanis

Setelah mempertimbangkan dari berbagai aspek dan ketersediaan alat sehingga pada penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode konvensional.

2.2.6 Perawatan *Paving Block*

Metode perawatan benda uji mengacu pada SNI-2493-2011. Setelah pembuatan benda uji selesai, maka akan dilakukan perawatan dengan metode penyiraman. Metode perawatan yang digunakan adalah metode perawatan basah, dapat dilakukan dengan menyiram permukaan benda uji secara berkala dengan air atau menutup permukaan benda uji menggunakan kain basah.

Durasi perawatan basah dilakukan minimal selama 1 hari setelah pencetakan. Kemudian untuk lama waktu perawatan dilakukan hingga umur sampel telah mencapai 56 hari.

2.2.7 Pengujian *Paving Block*

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

- a. Kuat tekan *paving block* seluruh permukaan *paving block* dengan menggunakan air tawar (*Freshwater*).

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

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

Dimana:

σ = Kuat tekan/kuat desak *paving block* (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Kuat tekan rata-rata *paving block* didapat dari perhitungan jumlah

kuat tekan *paving block* dibagi dengan jumlah sampel yang diuji. Umur benda uji yang akan di lakukan pada umur 56 hari.

Nilai *standard deviation* merupakan suatu nilai yang digunakan dalam menentukan persebaran data pada suatu sampel dan melihat seberapa dekat data-data tersebut dengan nilai *mean*. Nantinya nilai standar deviasi ini digunakan untuk mengukur kuat tekan beton (F'c). Rumus untuk menghitung nilai standar deviasi dari kuat tekan paving block adalah sebagai berikut:

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

Dimana:

- σ = Standar Deviasi
- xi = Nilai kuat tekan individu
- x = Rata-rata uji kuat tekan
- n = Jumlah sampel

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 penghasilnya. Hubungan *interbilitas* dengan laju alir di suatu sistem media berpori, pertama kali dikemukakan oleh Darcy, dengan rumus.

1) Berat kering (A)

Benda uji berukuran 100 x 100 T8 dioven dengan suhu 150 derajat selama ±9 jam, kemudian benda uji di diamkan selama 30 menit setelah di oven.

2) Berat timbangan dalam air (D)

Dilakukan perendaman pada *paving block* ±14 jam, kemudian benda uji di masak selama ±5 jam lalu benda uji di dinginkan didalam air selama ±3 selanjutnya lakukan prosedur penimbangan dalam air.

3) Berat SSD (C)

Selanjutnya benda uji/paving diseka permukaan dengan kain untuk menghilangkan kelebihan air masih tertingga, sampai dalam keadaan SSD

c. 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 kuat tekan/kuat desak adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{C-A}{C-D} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

n = Porositas benda uji (%)

A = Berat kering oven (kg)

C = Berat *paving block* jenuh air setelah pendidihan (kg)

D = Berat *paving block* dalam air (kg)

Porositas juga dapat diakibatkan adanya partikel-partikel bahan penyusun *paving block* yang relative besar, sehingga tidak maksimal. Porositas beton juga menggambarkan besar kecilnya kekuatan *paving block* dalam menyangga suatu konstruksi. Semakin padat *paving block*, maka kekuatannya juga akan semakin besar sehingga dapat menyangga konstruksi yang lebih berat. Sebaliknya semakin renggang *paving block*, maka kekuatannya juga akan semakin lemah

sehingga hanya bias menyangga konstruksi yang ringan dan ketahanannya juga tidak terlalu lama.

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.

d. Ketahanan acid

Pada penelitian ketahanan Acid mengacu pada ASTM-C1898- 20 (*Paving*) Rumus yang digunakan untuk menghitung ketahanan acid menggunakan rumus pada persamaan (2.1)

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Sonia, (2024) *Pengaruh butiran abu cangkang kelapa sawit pada pembuatan paving block*. (Skripsi Sarjana). Universitas Sulawesi Barat.
- American Society For Testing And Materials (ASTM)*, C1898-20, Metode Uji Standar Ketahanan Acid, ASTM.
- 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*. (2020). *ASTM C1898-20: Standard Test Methods for Determining the Chemical Resistance of Concrete Products to Acid Attack*. 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.
- Ardiansyah (2023). *Judul penelitian Efek Pencampuran Air Laut Dan Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kekuatan Beton*. (Skripsi Sarjana). Universitas Sulawesi Barat.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015. SNI 2049:2015, Semen Portland. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). SNI 03-2417-1991: Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2089. SNI 03-1971-1990, Metode pengujian kadar air agregat. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2011. SNI 2493:2011, Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Jakarta, BSN.S
- Badan Standardisasi Nasional, 1996. SNI 03-0691-1996. Metode Pengujian Kuat Tekan Paving Block, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 1990. SNI T-04-1990-F. Klasifikasi Paving Block.
- Badan Standardisasi Nasional 1987, SNI 03-0028-1987 metode pengujian daya serap dan porositas.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Barat Data Penghasil Cangkang Sawit Di

Provinsi Sulawesi Barat <https://sulbar.bps.go.id/indicator/54/337/1/produksi-tanaman-perkebunan-menurut-kabupaten.html> (Online). Diakses Pada 4 Oktober 2023.

British Standards Institution. (1986). BS 6717: Part 1: 1986: Precast Concrete Paving Blocks. London: British Standards Institution.

Dasar, A., & Patah, D. (2024). *Kekuatan dan Durabilitas Beton Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA) dan Pasir Pantai*. Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, 8(1), 83-94.

Dasar, A., Patah, D., & Apriansyah, A. (2022, November). *Effect of limestone as coarse aggregate and seawater as mixing water on half-cell potential of steel bar in concrete*. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2543, No. 1). AIP Publishing.

Hussein M. (2023). *Optimization of sustainable concrete characteristics incorporating palm oil clinker and nano-palm oil fuel ash using response surface methodology*. Volume 413, January 2023, 118054.

Muhammad Reza Palepy (2020) *Judul penelitian Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik Pada Beton Dengan Bahan Tambahan Superplasticizer*. (Skripsi Sarjana). Universitas Sulawesi Barat.

M. Umamageshwari, TD Ramadhan, (2020) *Judul penelitian Mechanical and Durability Properties of Palm Kernel Shell Ash Concrete*. (Skripsi Sarjana). Universitas Sulawesi Barat.

Patah, D., & Dasar, A. (2023, September). *The Impact of using Rice Husks Ash, Seawater and Sea Sand on Corrosion of Reinforcing Bars in Concrete*. In *Journal of the Civil Engineering Forum* (pp. 251-262).

Patah, D., Dasar, A., Apriansyah, A., & Caronge, M. A. (2023, July). *Strength development of seawater mixed and cured concrete with various replacement ratios of fly ash*. In *Materials Science Forum* (Vol. 1091, pp. 111-118). Trans Tech Publications Ltd.

Rahmat, Fajri Adha (2019) *PENGARUH PENGGUNAAN AIR LAUT TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. Diploma thesis, Universitas Andalas.