

SKRIPSI
PEMBUATAN *PAVING BLOCK* MUTU B MENGGUNAKAN
CARA STEAM CURING

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



Disusun Oleh:

Rijal

D01 20 380

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE 2024

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PEMBUATAN *PAVING BLOCK* MUTU B MENGGUNAKAN
CARA *STEAM CURING***

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
(ST) Pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sulwaesi Barat

Oleh:

Rijal

D01 20 380

Telah Diperiksa Dan Disetujui Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Sipil (ST)

Menyetujui,

Tim Pembimbing

Pembimbing 1

Ir. Ali Fauzi Mahmuda S.T.MT
NIP. 19871212 201903 2 007

Pembimbing 2

HERNI SURYANI, S.T., M. Eng
NIP . 19861009 202203 2 003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr.Ir.Hafsah Nirwana, M.T.

Nip:19640405 199003 2 002

Koordinator Program Studi



Amalia Nurdin, ST., MT.

Nip:19871212 201903 2 017

ABSTRAK

PRODUKSI BATA BETON PARKIRAN DENGAN METODE CURING BERBEDA

Rijal

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

rijalsulaiman81@gmail.com

Paving block (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah lainnya. *Paving block* memiliki banyak kelebihan dan keuntungan baik dari segi kekuatan, kemudahan pembuatan maupun pelaksanaannya. Bentuk dan ukuran *paving block* di desain sesuai dengan fungsi dan penggunaannya. Penggunaan *paving block* akhir-akhir ini banyak digunakan oleh pemerintah di perkotaan maupun di pedesaan baik untuk alternatif perkerasan jalan, trotoar untuk pejalan kaki, parkir maupun taman kota.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pembuatan *paving block* mutu b menggunakan cara *steam curing*. Metode penelitian ini dilakukan beberapa variasi perawatan yaitu dengan cara perawatan direndam, disiram, dan ditutup karung basah. Bahan yang digunakan kerikil pecah dengan split 5 mm – 12 mm sebagai material utama selain pasir dan semen. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 dan 91 hari (SNI-03-0691-1996), pengujian daya serap dan porositas dilakukan pada umur 28 dan 91 hari (SNI-03-0692-1996), dan pengujian ketahanan acid dilakukan pada umur 91 hari (ASTM C1898-20) dan pengujian electrical resistivity pada umur 28 dan 91 hari (ASTM C1876-19).

Hasil penelitian ini didapatkan Nilai kuat tekan tertinggi pada metode *steam curing* (umur 91 hari) sebesar 18,15 MPa tipe PP-R-SC, sedangkan pada metode *curing* rendam sebesar 21,33 MPa tipe PM-R, Pada metode *steam curing* di umur 91 hari nilai daya serap air dan porositas rata-rata terendah berturut-turut sebesar 7,40% tipe PM-R-SC, sedangkan *curing* rendam berturut-turut sebesar 4,55% tipe PP-R, Dalam kuat tekan tentu memiliki nilai yang optimum saat *Paving block*

berumur 91 hari, Nilai resistivitas listrik *Paving block* pada umur 91 hari pada metode *steam curing* menunjukkan nilai rata-rata resistivitas *Paving block* lebih tinggi dibandingkan dengan metode *curing* rendam, Pada pengujian ketahanan acid diperoleh hasil berdasarkan pemeriksaan tampak, ukuran, dan kuat tekan yang termasuk dalam kategori mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996 yaitu semua sampel lolos dalam kategori mutu sesuai SNI diatas

Kata Kunci : *Paving block*, pasir pantai , kuat tekan, daya serap air, *acid*, *electrical resistivity*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Paving block (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah lainnya (SNI 03-0691-1996). *Paving block* memiliki banyak kelebihan dan keuntungan baik dari segi kekuatan, kemudahan pembuatan maupun pelaksanaannya. Bentuk dan ukuran *paving block* di desain sesuai dengan fungsi dan penggunaannya (Wardani et al., 2018).

Penggunaan *paving block* akhir-akhir ini banyak digunakan oleh pemerintah di perkotaan maupun di pedesaan baik untuk alternatif perkerasan jalan, trotoar untuk pejalan kaki, parkir maupun taman kota. Parkir adalah tempat pemberentihan kendaraan dalam jangka waktu pendek atau lama, sesuai dengan kebutuhan. Parkir merupakan salah satu unsur prasarana transportasi yang tidak luput dari system jaringan transportasi, sehingga pengaturan parkir akan berpengaruh pada kinerja suatu jaringan. Oleh karena itu tempat parkir menjadi salah satu sarana penting pada suatu tempat umum seperti sekolah, mall, hotel, dan lain sebagainya (Syarifudin, 2017).

Daerah Majene merupakan wilayah yang berada di daerah pesisir dan mempunyai banyak pasir pantai. Untuk mengatasi hal tersebut perlu suatu terobosan agar dapat memanfaatkan pasir pantai, salah satunya sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block*. Upaya meningkatkan kekuatan beton dengan menggunakan material lokal yang ada di Sulawesi Barat, sebagian masyarakat dan pelaku konstruksi menggunakan material untuk campuran beton berupa pasir dan kerikil dari Sungai Mapilli. Akan tetapi, uji karakteristik dan kelayakan material lokal ini sebagai material bangunan belum banyak dilakukan. Di sisi lain, perlu diketahui komposisi campuran beton untuk mendapatkan mutu beton K300. Ini menjadi sulit dicapai dengan penggunaan material lokal yang ada di Sulawesi Barat. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan data terkait karakteristik material lokal yaitu pasir dan

kerikil dari Sungai Mapilli dan untuk mendapatkan kuat tekan terbaik dengan variasi fas 40%, 50% dan 60%. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa materil kerikil dan pasir Mapili layak untuk digunakan untuk campuran beton. Selain itu, didapatkan kuat tekan dengan FAS 40% dan 50% telah memenuhi kuat tekan rencana untuk bangunan konstruksi yaitu 24.9MPa. (Amry Dasar, 2021)

Beberapa keuntungan menggunakan *paving block* adalah tahan lama dan harganya terjangkau. Kerusakan *paving block* sering disebabkan oleh beberapa hal, misalnya mutu bahan susun yang tidak memenuhi syarat, pengaruh gerusan air hujan, banyaknya lintasan roda kendaraan yang melebihi ketahanan dan akibatnya dapat menyebabkan kerusakan pada *paving block*. *Paving block* yang akan dibuat pada penelitian ini berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 8 cm dengan menggunakan semen, pasir, abu batu dan air (Patah, Dasar, & Indrayani, 2022b).

Proses perawatan pada *paving block* (bata beton) juga berperan penting dalam pengembangan kekuatan dan daya tahan *paving block* (bata beton). Pelaksanaan *curing* ini dilakukan segera setelah memasuki fase *hardening* atau setelah pembukaan cetakan selama durasi tertentu yang dimaksudkan untuk menjaga kelembapan *paving block* (bata beton) agar proses *hidrasi* dapat terjadi dengan wajar (Fajar Imawan Akhmad, 2022). Salah satu cara untuk mempercepat proses *hidrasi* adalah merawat *paving* menggunakan medium uap (*steam curing*). *Steam curing* membuat laju *hidrasi* dalam beton akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur. Hal ini akan mempercepat kematangan *paving block* sehingga produksi dapat dilakukan dengan cepat.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perbandingan kuat tekan, daya serap air dan ketahanan acid paving block dengan bahan pencampuran air tawar, pasir pantai, dan menggunakan kerikil kecil ukuran 5 mm - 12 mm dengan dengan metode curing berbeda terhadap kuat tekan dengan rencana bata beton, mutu kelas B dengan kuat tekan rata-rata 20 Mpa (SNI 03-0691-1996), berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 8 cm. Pada

penelitian ini, penulis mengangkat judul, “**PEMBUATAN PAVING BLOCK MUTU B MENGGUNAKAN CARA STEAM CURING**”

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan kuat tekan menggunakan cara *steam curing* dalam pembuatan *paving block*?
2. Bagaimana pengaruh *paving block* menggunakan cara *steam curing* terhadap daya serap air dan porositas?
3. Berapakan nilai optimum kuat tekan *paving block* menggunakan cara *steam curing* untuk mencapai target mutu B untuk parkir berdasarkan SNI-03-0691-1996?
4. Bagaimana ketahanan Acid *Paving block* setelah perendaman 91 hari?
5. Berapa hasil uji *electrical resistivity paving block* menggunakan cara *steam curing*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan kuat tekan menggunakan cara *steam curing* dalam pembuatan *paving block*?
2. Mengetahui pengaruh *paving block* menggunakan cara *steam curing* terhadap daya serap air dan porositas?
3. Mengetahui manakah kuat tekan *paving block* yang paling baik dengan menggunakan metode *steam curing* atau metode curing rendam untuk mencapai target mutu B untuk parkir berdasarkan SNI-03-0691-1996?
4. Mangetahui ketahanan Acid *Paving block* setelah perendaman 91 hari.
5. Untuk mengetahui hasil uji *electrical resistivity paving block* menggunakan cara *steam curing*?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka perlu adanya batasan ruang lingkup diantaranya sebagai berikut:

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir pantai dan pasir sungai. Pasir pantai yang digunakan diambil dari pantai Pesuloang, Kecamatan Pamboang, Kabupaten Majene. Sedangkan, pasir sungai yang digunakan diambil dari Kecamatan Mapilli, Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat.
2. Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil dengan ukuran 5 mm - 12 mm yang berasal dari Desa Mirring kecamatan Binuang, Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat.
3. Semen yang digunakan adalah *cemen Portland Composit (PCC)*
4. Variasi yang digunakan adalah PM-R-SC, PP-R-SC, PM-R, dan PP-R.
5. Target FAS (Faktor Air Semen) maksimal 0,39.
6. Benda uji berukuran panjang 20 cm x lebar 10 cm x tinggi 8 cm.
7. Target kelas paving block yang ingin dicapai adalah mutu B (SNI-03-0691-1996)
8. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari, dan 91 hari berdasarkan SNI-03-0691-1996.
9. Pengujian daya serap dan porositas pada umur 28 hari berdasarkan SNI 03-0692-1996.
10. Pengujian ketahanan acid dilakukan pada umur 91 hari berdasarkan ASTM C1898-20.
11. Pengujian *electrical resistivity* dilakukan pada umur 28 hari dan 91 hari berdasarkan ASTM C1876-19.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah memberikan masukan pengaruh kuat tekan dan serapan air paving block dengan menggunakan pasir pantai dan pasir sungai untuk parkir.
2. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya khususnya di bidang ketekniksipilan.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan dapat dilihat sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori – teori yng menyangkut tentang penelitian ini

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode – metode apa saja yang akan digunakan dalam penelitian baik itu dari jenis penelitian, tahapan, bagan alir dan lain sebagainya.

BAB II TINJAUAN PENELITIAN

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam bidang teknik sipil sudah banyak peneliti yang melakukan penelitian ketahanan *paving block* dengan melihat dari segi material penyusun dan kondisi lingkungan yang ada disekitar. Beberapa peneliti terdahulu sudah membahas tentang pasir pantai maupun pasir sungai sebagai bahan pencampuran dalam pembuatan *paving block*, sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis sedikit berbeda dari peneliti terdahulu mulai dari persentase material yang digunakan, bentuk cetakan dan material pengganti yang lain. Selain itu fokus dari peneliti adalah kegunaan dari *paving block* yang dibuat oleh penulis itu sendiri yaitu untuk parkir yang pada umumnya salah satu sarana penting pada suatu tempat umum seperti sekolah, mall, hotel, dan lain sebagainya. Luasnya lahan parkir dan banyaknya kendaraan di tempat tersebut dapat menjadi kendala bagi pengendara mobil dan motor.

1. (Amry Dasar dkk 2023), telah melakukan penelitian tentang Paving Block mutu B untuk infrastruktur jalan menggunakan material Sulawesi Barat. Tujuan penelitian ini untuk Desain jalanan yang efektif adalah yang memiliki biaya pemeliharaan yang murah serta memiliki umur layan yang cukup. Salah satu material jalan saat ini yang berkembang pesat adalah paving block. *Paving block* pada penelitian ini berbentuk konvensional dengan dimensi 20 x 10 x 8 cm. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *paving block* konvensional dengan memanfaatkan material lokal Sulawesi Barat dengan pencampuran semen, pasir, abu batu dan air sehingga dapat mencapai Mutu B berdasarkan SNI-03-0691-1996. Metode penelitian yaitu *experimental research* untuk membuat *paving block* dengan perbandingan enam variasi campuran dari semen, pasir, abu batu dan air. Perbandingan material semen terhadap agregat yaitu 1:4 dan 1:5. Benda uji dibuat dengan total benda uji 30 buah *paving*. Pengujian benda uji dilakukan untuk menentukan kuat tekan *paving block*. Hasil penelitian menunjukkan

sebanyak empat variasi memenuhi standar *paving block* mutu B SNI-03-0691-1996 dimana kuat tekan di atas 17 MPa. Variasi optimum yang memenuhi mutu B yaitucampuran 1PC:3S 2SA.

2. (Fajar Imawan Akhmad, 2022), telah melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan kerikil jagung sebagai bahan pengganti sebagian pasir pada *paving block* (*the effect of using corn gravel as a partial substitute of sand*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air yang dihasilkan dengan penambahan kerikil jagung/batu pecah sebagai substitusi pasir sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Pembuatan *paving Block* dimulai dari pengukuran bahan campur yang terdiri dari pasir, semen, kerikil jagung, dan air. Presentase variasi kerikil jagung sebagai substitusi pasir yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Kemudian mencampurkan bahan campuran menggunakan mesin pengaduk/mixer untuk dicetak ke dalam cetakan tipe holland berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. setelah 1 hari pencetakan, *paving block* direndam dalam air selama 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian, nilai optimum yang dihasilkan kerikil jagung sebagai substitusi pasir berada pada variasi 10% dimana nilai kuat tekan yang dihasilkan sebesar 36,05 MPa, nilai ketahanan aus sebesar 0,111 mm/menit, dan nilai daya serap air terendah sebesar 6,66% (Fajar Imawan Akhmad, 2022).
3. Abdullah M. Zeyad dkk, 2023) meneliti tentang tinjauan pengaruh pengawetan uap terhadap perilaku beton, Penelitian ini menyajikan efek pengawetan uap penerapan rezim pada sifat beton. Perawatan uap mempunyai efek negative pada struktur mikro beton, dan efek ini meningkat dengan suhu yang lebih tinggi. Masa pengawetan dan masa pengawetan sebagai tambahan lamanya pendinginan mempengaruhi sifat dan kekuatan beton. Penelitian ini merangkum penelitian sebelumnya literatur terkait pengaruh penerapan *steam curing* regime terhadap sifat beton. Pelajaran sebelumnya pastikan bahwa beton terkena rezim pengawetan uap pada suhu rendah berkisar antara 45 °C dan 80 °C dan

periode yang lebih lama dalam siklus 24 jam akan menghasilkan sifat beton yang lebih baik selain itu, menaikkan uap suhu pengawetan di atas 80 °C mempunyai efek negatif terhadap struktur mikro beton dan sifat beton lainnya secara umum. Penelitian ini juga menyimpulkan bahwa penambahan material semen *pozzolan* atau komplementer berkontribusi terhadap mengurangi kerusakan akibat penerapan system pengawetan uap pada beton pada usia lanjut. Verifikasi semacam itu diperlukan untuk menjelaskan perilaku beton di bawah pengaruh sistem pengawetan uap, pahami pengaruhnya terhadap sifat-sifat beton, dan mencari cara untuk mengurangi kerusakan akibat tingkat penerapannya rezim pengawetan uap.

4. (Dwi Putri Agung, 2024) meneliti tentang Pemanfaatan pasir pantai dan air laut dalam pembuatan paving block untuk parkir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasir pantai pada *paving block* dengan pencampuran air tawar dan air laut terhadap kuat tekan, daya serap, dan ketahanan acid. Dalam penelitian ini pasir yang digunakan adalah pasir pantai dengan dua pencampuran yaitu air tawar dan air laut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 dan 91 hari, pengujian daya serap dilakukan pada umur 28 dan 91 hari dan pengujian ketahanan acid dilakukan pada umur 91 hari. Dengan target mutu *paving block* yang direncanakan adalah mutu B. Adapun variasi memiliki yang memiliki nilai kuat tekan optimal untuk pencampuran air tawar yakni variasi F-PP-AT dengan kerapatan partikel yang baik, nilai kuat tekan tertinggi 12.69 Mpa, Daya serap air 9.54% serta nilai resiko kerusakan rendah, sedangkan untuk pencampuran air laut yakni variasi A-PP-AL dengan kerapatan partikel yang baik, nilai kuat tekan tertinggi 11.67 Mpa, Daya serap air 9.62% serta nilai resiko kerusakan rendah .
5. (Dahlia Patah, 2022), Pengaruh Perbedaan Metode Perawatan Terhadap Kuat Tekan Beton. Penelitian ini membahas pengaruh dari metode dan usia perawatan terhadap peningkatan kekuatan beton normal di lingkungan tropis. Sebanyak empat puluh lima (45) selinder beton dirawat dengan lima

macam metode perawatan, yaitu perendaman dalam air biasa, perendaman dalam air laut, dibungkus karung goni basah, dibungkus dengan plastik, disiram dengan air biasa. Untuk masing-masing metode perawatan ini, diambil rata-rata kuat tekan rata-rata dari 3 selinder beton untuk masing-masing periode perawatan 7, 28 dan 91 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode perendaman dengan air biasa menghasilkan benda uji beton dengan kuat tekan 28 hari tertinggi 42.99 N/mm² dilanjutkan perawatan dengan dibungkus plastik dengan nilai 40.94 N/mm². Didapatkan metode dengan dibungkus karung goni diumur awal hidrasi semen mendapatkan kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan semua metode perendaman. Dan untuk jangka panjang, kekuatan beton meningkat hingga 19% dengan metode perawatan direndam air laut dan perawatandisiram-siram air biasa terhadap umur tekan beton di 28 hari.

2.2 DefInisi Paving Block

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 adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan pengikat hidrolis sejenis, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak menurunkan mutu beton. Paving block yang dipasang dengan jarak bebas pada setiap paving block dapat melewatkan 30 hingga 50 persen air, menjaga ketersediaan air di dalam tanah. Selain itu, paving block memiliki banyak variasi dalam bentuk, ukuran, warna, pola, tekstur permukaan, dan kekuatan. Selain itu, pemasangan paving block lebih mudah, cepat, dan tidak memerlukan alat khusus untuk pemasangannya. Paving block dibuat dari campuran semen Portland atau pengikat hidrolis seperti air dan agregat (Ash et al., 2022).

Ketebalan *paving block* yang sering digunakan (*spesifications for Precast Concrete Paving Block*, 1980) yaitu:

- a. Ketebalan 6 cm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan yang frekuensiyaterbatas, 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 sangat berat seperti *crane*, *loader*.

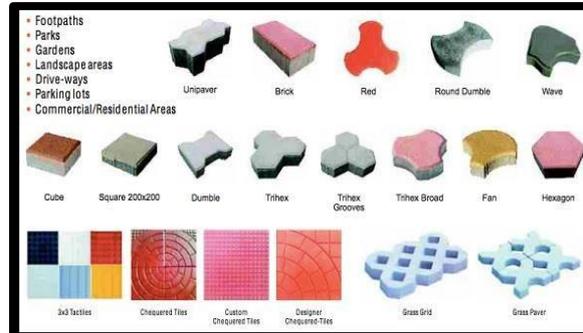
2.3 Klasifikasi Paving Block

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

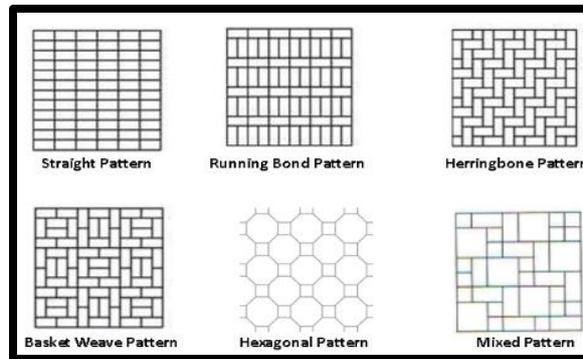


Gambar 2. 1 Jenis-jenis Paving Block

(Sumber: LinkedIn)

Pola pemasangan sebaiknya disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Pola yang umum dipergunakan ialah susun bata (*Stretcher*), anyaman tikar (*Basket weave*), dan tulang ikan (*Haerring bone*). Untuk perkerasan jalan diutamakan 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 digunakan antara lain.



Gambar 2. 2 Macam-macam pola pemasangan Paving Block

(Sumber: sarastiana.com)

- 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 diperhatikan.

- c. Klasifikasi berdasarkan kekuatan

Pembagian kelas *paving block* berdasarkan mutu betonnya adalah:

- a. *Paving block* dengan mutu beton f_c 37,35 Mpa
- b. *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 digunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, tali air, dan lain-lain.

2.4 Mutu Paving Block

Adapun syarat yang harus diperhatikan dalam menentukan mutu *paving block* dimana harus memenuhi syarat (SNI-03-0691-1996) diantaranya sebagai berikut (Patah, 2022):

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 fisik

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	Maks.	%
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber: Bata beton (*paving 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 Standard Institution 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 gterdapat pada badan *paving* sebaiknya lebih dari 7 mm
- e. Teloransi dimensi pada *paving* yang diijinkan yaitu:
 - 1) Panjang ± 2 mm.
 - 2) Lebar ± 2 mm.
 - 3) Tebal ± 3 mm

Untuk perhitungan kuat tekan digunakan factor koreksi terhadap ketebalan dengan nilai pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2 Factor koreksi terhadap ketebalan

KETEBALAN (MM)	FAKTOR KOREKSI	
	<i>Paving block</i> tanpa tali air	<i>Paving block</i> dengan tali air
60-65	1,00	1,06
80	1,12	1,18
100	1,18	1,24

Sumber: Britis Standar Instituion

2.5 Material Penyusun Paving Block

- a. Semen PCC

Semen Portland adalah suatu bahan yang mempunyai sifat kohesif dan adhesive apabila bahan ini dicampurkan dengan bahan yang lain maka akan memungkinkan menyatukan menjadi satu kesatuan yang padat seperti batu. Sehingga didalam membangun bangunan/konstruksi banyak menggunakan semen portland sebagai bahan pekerjaan paving block atau beton. Bahan utama pembentuk

semen adalah Kapur (CaO) yang berasal dari batu kapur; Silika (SiO₂) yang berasal dari lempung alumina (Al₂ O₃) yang berasal dari lempung, sedikit magnesium (MgO) dan terkadang sedikit 1 alkali. Untuk mengontrol komposisi ditambahkan oksida besi dan untuk mengatur waktu ikat semen ditambahkan gypsum (CaSO₄. 2H₂O).

b. Agregat Halus

Pasir merupakan agregat halus dengan ukuran butiran antara 0,15 mm dan 5 mm. Pasir yang baik digunakan untuk pengecoran adalah pasir dengan kandungan lumpur yang sedikit. Pasir umumnya berasal dari kawah gunung dan aliran sungai. Besaran percepatan maksimum pasir yang ditetapkan adalah 4 mm sesuai standarisasi SNI 02-68202002. Tidak boleh lebih dari 5 mm (Rifqi et al., 2018).

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 pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan. Sifat kekal agregat halus dapat diujidengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10%.
- 3) Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.

c. Agregat kasar

Menurut SNI-03-2847-2002, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Dalam penggunaannya harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (Riswan, 2024):

- Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari

dan hujan.

- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila melebihi maka harus dicuci lebih dahulu sebelum menggunakannya.
- Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- Agregat kasar yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.

Menurut Tjokrodinuljo (1996), sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya (Supriani & Islam, 2019).

Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut. Pada agregat berukuran besar luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan dengan pasta semen menjadi berkurang.

Menurut SNI 03-2461-1991, agregat kasar memiliki modulus kehalusan yang berada di kisaran antara 6,0 s/d 7,1.

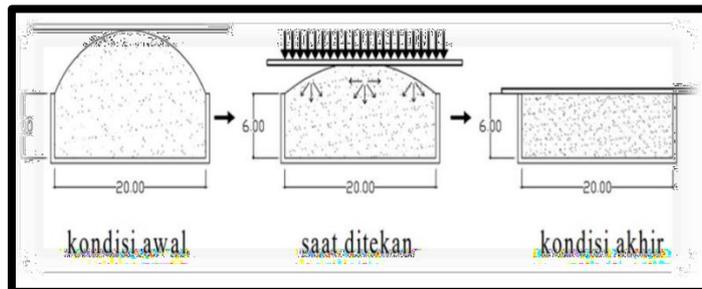
2.6 Metode Pembuatan Paving Block

Masyarakat biasanya menggunakan 2 metode dalam cara pembuatan *pavingblock* metode yang digunakan, yaitu:

a. Metode konvensional

Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia dan lebih dikenal dengan metode gobloman. Cara konvensional dalam pembuatan *paving block* dilakukan dengan menggunakan alat gobloman 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, akan mengakibatkan pekerja cepat kelelahan karena proses pemadatan dilakukan dengan menghantam alat pemadat pada adukan yang berada dalam cetakan (Syaifudin, 2017).

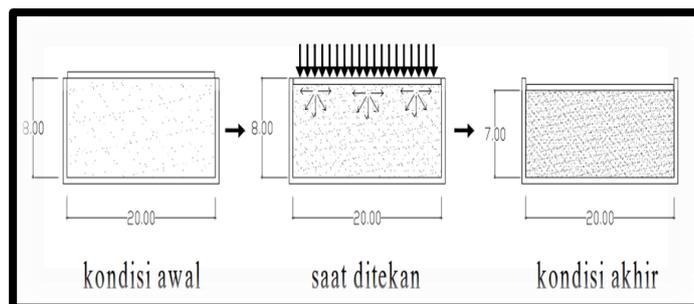


Gambar 2. 3 Metode Konvensional

(Sumber: eprints.polsri.ac.id)

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 dengan skala industri sedang atau besar. Pembuatan paving block cara mekanis dilakukan dengan menggunakan mesin (compression apparatus) (Tayeh et al., 2022).



Gambar 2. 4 Metode Konvensional

(Sumber: eprints.polsri.ac.id)

2.7 Perawatan Paving Block

kelembapan yang cukup untuk melanjutkan peningkatan hidrasi semen. Perawatan beton mengontrol suhu dan kelembapan, di dalam dan

di luar beton. Pengawetan semen yang terus menerus memungkinkan hidrasi terus berlanjut, menghasilkan:

- 1) peningkatan pembentukan gel (kalsium silikat hidrat),
- 2) peningkatan kekuatan,
- 3) pengurangan ukuran pori, dan
- 4) pengurangan plastis dan penyusutan kering beton.

Namun, menghentikan proses pengawetan beton akan berdampak buruk pada semua sifat tersebut. Mempertahankan kelembaban internal yang tepat sangat penting karena hidrasi semen berhenti Ketika kelembaban relatif di dalam kapiler turun di bawah 80% (Jensen, 1995). Kelembaban internal yang tidak mencukupi dan hidrasi sempurna pada semen tidak akan terjadi, dan beton yang dihasilkan mungkin tidak memiliki kekuatan dan impermeabilitas yang diperlukan (Patel et al., 1988). Selain itu, struktur berpori kontinu yang bersentuhan dengan permukaan beton dapat dihasilkan, sehingga memungkinkan masuknya unsur-unsur berbahaya (cairan dan gas) dari lingkungan sekitar dan kemungkinan menyebabkan berbagai masalah dalam ketahanan Selain itu, pengeringan beton yang terlalu dini menyebabkan munculnya retakan mikro akibat penyusutan plastik, yang dapat meluas hingga terlihat di seluruh bagian beton. Selain itu, penguapan air dan hilangnya kelembapan mengurangi rasio air-semen awal, sehingga mengakibatkan hidrasi senyawa semen yang tidak sempurna dan menurunkan kualitas beton. Berbagai faktor menyebabkan cepatnya penguapan air beton seperti kecepatan angin, kelembaban relatif, suhu atmosfer, rasio air-semen dalam campuran, jenis semen, agregat, dan bahan tambahan yang digunakan dalam campuran (Zeyad, 2019; Askar dkk., 2017).

Metode perawatan benda uji mengacu pada SNI-2493-2011. Setelah pembuatan sampel benda uji selesai, maka akan dilakukan perawatan uap panas (*steam curing*) dengan metode dikukus selama 5 jam dengan suhu 70° - 80° dan dilanjutkan dengan perendaman sampai 91 hari.

2.8 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 tekanyang dihasilkan oleh mesin tekan. Menurut (SNI-03-0691-1996), Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan/kuat desak adalah sebagai berikut (Urbania et al., 2022):

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

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 91 hari.

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

1) Berat basah (C)

Paving block direndam dalam keadaan bersih selama ± 24 jam, kemudian diangkat dari air dan air sisanya dibiarkan menetes ± 1 menit, lalu paving diseka permukaan dengan kain untuk menghilangkan

kelebihan air masih tertinggal.

2) Berat kering (A)

Setelah itu *paving block* dikeringkan dalam dapur pengeringan pada suhu ± 105 C sampai beratnya 2 kali penimbangan tidak berselisih lebih dari 0,2% dari penimbangan yang terdahulu (B). Selisih penimbangan (C) dan (A) adalah jumlah penyerapan air dan harus dihitung berdasarkan persen berat.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{(C-A)}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

C= Berat Penimpang sebelum dikeringkan

A= Berat penimpah setelah dikeringkan

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 pepadatan. 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:

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

Keterangan:

n = Porositas benda uji (%)

A = Berat kering oven (kg)

C = Berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg)

D = Berat beton 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* adalah sebagai berikut:

$$\sigma = P/A \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$$\sigma = \text{Kuat tekan/kuat desak paving block (kg/cm}^2\text{)}$$

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

e. 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.

$$\rho = \frac{R.A}{L} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

P = Resistivitas (Ωm)

R = Resistensi (Ω)

A = Luas Penampang (m²)

L = Panjang Benda Uji (m)

DAFTAR PUSTAKA

- Apriansyah, Permadi, Y. D., Patah, D., & Yusman. (2023). Paving Block Abu Sekam Padi Untuk Infrastruktur Desa dan Pesisir Sulawesi Barat. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 26(1), 18–28. <https://doi.org/10.25042/jpe.052022.03>
- Ash, B., Pemberian, S., Arliansyah, J., Idris, Y., & Juliantina, I. (2022). Pendampingan Teknis Pembuatan Paving Blok Berbahan Tambah Fly Ash Dan Bottom Ash Serta Pemberian Perawatan. 4(2), 49–59.
- Dahlia, P., Amry, D., Apriansyah, & Muhammad, A. C. (2023). Strength Development of Seawater Mixed and Cured Concrete with Various Replacement Ratios of Fly Ash. *Materials Science Forum*, 1091, 111–118. <https://doi.org/10.4028/p-1ckry6>
- Dasar, A. (2023). Pengaruh Variasi Komposisi Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanik Beton. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(1), 103–109. <https://doi.org/10.32487/jtt.v11i1.1732>
- 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. <https://doi.org/10.35334/be.v8i1.5090>
- Dasar, A., Patah, D., & Apriansyah. (2022). Effect of Limestone as Coarse Aggregate and Seawater as Mixing Water on Half-Cell Potential of Steel Bar in Concrete. *AIP Conference Proceedings*, 2543. <https://doi.org/10.1063/5.0095220>
- Dasar, A., Patah, D., Hamada, H., Sagawa, Y., & Yamamoto, D. (2020). Applicability of seawater as a mixing and curing agent in 4-year-old concrete. *Construction and Building Materials*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119692>
- Dasar, A., Patah, D., Hamada, H., Yamamoto, D., & Sagawa, Y. (2022). Life performance of 40-year-old RC beams with different concrete covers and bar diameters in natural corrosion environments. *Structures*, 46, 2031–2046. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.11.033>

- Dasar, A., Patah, D., Okviyani, N., Nurdin, A., Apriansyah, A., Yusman, Y., & Mahmuda, A. F. (2024). *Produksi Batu Bata Tanah Liat Yang Ramah Lingkungan Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA)*.
- Dasar, A., Patah, D., Ridhayani, I., & Manaf, A. (2023). Perbandingan Kinerja Bata Beton Menggunakan Abu Cangkang Sawit, Abu Sekam Padi Dan Abu Serat Sagu. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(2), 241–248. <https://doi.org/10.32487/jtt.v11i2.1797>
- Dasar, A., Patah, D., Sainuddin, & Caronge, M. A. (2024). Ketahanan Korosi Baja Tulangan dalam Beton menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA) dan Air Laut. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 29(2), 243–252.
- Dasar, A., Patah, D., Suryani, H., Okviyani, N., Yusman, & Sainuddin. (2023). *Paving Block Mutu B Untuk Infrastruktur Jalan Menggunakan Material Sulawesi*. 5(2), 23–28.
- Fajar Imawan Akhmad. (2022). *Pengaruh Penggunaan Kerikil Jagung Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Pasir Pada Paving Block*.
- Ghods, P., Alizadeh, A. R., & Salehi, M. (2015). *Electrical Resistivity of Concrete*. May, 41–46.
- Patah, D., & Dasar, A. (2021). Pasir dan Kerikil Sungai Mappili sebagai material Lokal untuk Campuran Beton di Sulawesi Barat. *Bandar: Journal of Civil Engineering*, 3(2), 9–14.
- Patah, D., & Dasar, A. (2022a). Pengaruh Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 10(2), 158–163. <https://doi.org/10.32487/jtt.v10i2.1580>
- Patah, D., & Dasar, A. (2022b). Strength Performance of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM). *Journal of the Civil Engineering Forum*, 261–276. <https://doi.org/10.22146/jcef.3488>
- Patah, D., & Dasar, A. (2023a). Beton Berpori Dengan Variasi Ukuran Agregat Kasar. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(2), 206–212. <https://doi.org/10.32487/jtt.v11i2.1762>
- Patah, D., & Dasar, A. (2023b). The Impact of using Rice Husks Ash, Seawater and Sea Sand on Corrosion of Reinforcing Bars in Concrete. *Journal of the Civil*

- Engineering Forum*, 251–262. <https://doi.org/10.22146/jcef.6016>
- Patah, D., & Dasar, A. (2024). Produksi Paving Block Ramah Lingkungan Menggunakan Candlenut Shells (CNS) Sebagai Pengganti Sebagian Abu Batu. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 95–104. <https://doi.org/10.35334/be.v8i1.5131>
- Patah, D., Dasar, A., & Hamada, H. (2022). Electrochemical Consideration on Corrosion Performance of Steel Bar Embedded in SCMs Mortar with Initial Chloride Contaminated. *AIP Conference Proceedings*, 2543. <https://doi.org/10.1063/5.0095233>
- Patah, D., Dasar, A., Hamada, H., & Astuti, P. (2021). Effects of Mineral Admixture on Electrical Resistivity and Permeability of Chloride Contaminated Mortar. *Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)*, 199. <https://doi.org/10.2991/aer.k.210204.013>
- Patah, D., Dasar, A., & Indrayani, P. (2022a). *he Effect of Different Curing Methods on Concrete Strength*.
- Patah, D., Dasar, A., & Indrayani, P. (2022b). Pengaruh Perbedaan Metode Perawatan Terhadap Kuat Tekan Beton. *BANDAR: Journal of Civil Engineering*, 4(1), 1–9.
- Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. (2022). Durabilitas Baja Tulangan pada Beton Menggunakan Material Batu Gamping, Pasir Laut dan Air Laut dalam Campuran Beton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(1), 109–117.
- Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. (2023). *Nilai ambang klorida untuk inisiasi korosi pada beton bertulang menggunakan abu terbang*. 5(2), 29–38.
- Patah, D., Dasar, A., Ridhayani, I., Suryani, H., Indrawan, A., Sainuddin, & Rohani, I. (2024). *Kekuatan dan Durabilitas Oil Palm Shell (OPS) sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar pada Beton Bertulang*. 2(APRIL).
- Patah, D., Hamada, H., & Dasar, A. (2020). Effects of Mineral Admixtures on Pore Structure and Compressive Strength of Mortar Contaminated Chloride. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012091>

- Patah, D., Hamada, H., & Yamamoto, D. (2019). The Effect of Seawater Mixing on Corrosion of Steel Bar in 36-Years Old Rc Beams Under Marine Tidal Environment. *コンクリート工学年次論文集*, 41(1), 791–796.
- Rifqi, M. G., Amin, M. S., & Lesmana, Y. I. (2018). Karakteristik Paving Berongga Menggunakan Material Batu Kali Bulat Berbasis Ramah Lingkungan. *Potensi : Jurnal Sipil Politeknik*, 20(1). <https://doi.org/10.35313/potensi.v20i1.1000>
- Riswan. (2024). Pengaruh Butiran Abu Cangkang Sawit Pada Paving Block. *Proposal*, 4–6.
- Supriani, F., & Islam, M. (2019). Pengaruh Metode Perlakuan Dalam Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Durabilitas Beton. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 47–54. <https://doi.org/10.33369/ijts.9.2.47-54>
- Syaifudin, A. (2017). Pengaruh Variasi Perawatan Beton Terhadap Sifat Mekanik High Volume Fly Ash Concrete Untuk Memproduksi Beton Kuat Tekan Normal. *STUDIES ON VARIATION IN MILK PRODUCTION AND IT'S CONSTITUENTS DURING DIFFERENT SEASON, STAGE OF LACTATION AND PARITY IN GIR COWS M.V.Sc D SURYAM DORA LIVESTOCK*, 110265, 110493.
- Tayeh, M. A., Ganja, M. P., F, I. S. A., & Bassam, A. (2022). *Machine Translated by Google Tinjauan pengaruh pengawetan uap terhadap perilaku beton*. 3(September 2021), 1–17.
- Urbania, B. A., Dewi, T. U., & Nindyapuspa, A. (2022). Pengaruh Metode Perawatan Siram terhadap Kualitas Paving Block menggunakan Limbah Plastik HDPE – LDPE. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 5(1), 102–106.
- Wardani, S., ST, P., & Mulyono, T. (2018). Pemanfaatan Batu-Batuan Kecil (Kerikil Jagung) Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Paving Block. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 14. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v6i1.7929>