

SKRIPSI

**POTENSI ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN *POZZOLAN* DENGAN
AIR LAUT SEBAGAI PENGIKAT PADA *PAVING BLOCK*: STUDI KUAT
TEKAN DAN PENYERAPAN AIR**

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



Disusun oleh :

**LISNA
D01 21 002**

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

LEMBAR PENGESAHAN

**POTENSI ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN *POZZOLAN* DENGAN
AIR LAUT SEBAGAI PENGIKAT PADA *PAVING BLOCK*: STUDI KUAT
TEKAN DAN PENYERAPAN AIR
TUGAS AKHIR**

Oleh

Lisna

NIM: D0121002

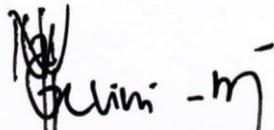
(Sarjana Jurusan Teknik Sipil)

Universitas Sulawesi Barat

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Tanggal 12 Maret 2025

Mengetahui,

Pembimbing 1



Nur Okviyani, 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. Ir. Hafsah Nirwana, M.T.
NIP. 196404051990032002

ABSTRAK

Potensi Abu Sekam Padi sebagai Bahan *Pozzolan* dengan Air Laut sebagai Pengikat pada *Paving Block*: Studi Kuat Tekan dan Penyerapan Air

Lisna

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

lisnalsya557@gmail.com

Paving block adalah material konstruksi yang digunakan sebagai penutup permukaan tanah, menggantikan aspal atau cor beton konvensional. Penelitian ini mengkaji penggunaan abu sekam padi lolos saringan No.50 (*ground rice husk ash*) sebagai bahan tambahan semen dengan air laut sebagai pengikat dalam pembuatan *paving block* dengan fokus pada kuat tekan dan penyerapan air. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan variasi 0% (N-SW), 10% (A-GRHA-SW), dan 20% (B-GRHA-SW). Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 28, dan 56 hari, sedangkan pengujian daya serap air dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan dan penurunan nilai persentase penyerapan air seiring berkurangnya penggunaan abu sekam padi, yakni pada tipe N-SW dengan variasi 0% (normal) dibanding pada tipe B-GRHA-SW dengan variasi 20% yang justru mengalami penurunan nilai kuat tekan dan peningkatan nilai persentase penyerapan air. Nilai kuat tekan optimum *paving block* yang menggunakan bahan tambah abu sekam padi terdapat pada tipe A-GRHA-SW (variasi 10%) umur 28 hari sebesar 11,41 MPa yang termasuk pada kategori Mutu D.

Kata Kunci: *Paving Block*, Abu Sekam Padi, Air Laut, Kuat Tekan, Penyerapan Air, *Pozzolan*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri konstruksi pasca krisis ekonomi, memberikan peluang dan lapangan usaha pada industri bahan bangunan. Produk bata beton untuk lantai atau lebih dikenal sebagai *paving block* merupakan salah satu usaha bahan bangunan yang mudah dan cepat dalam proses pembuatannya, menawarkan peluang yang cukup besar untuk penyerapan tenaga kerja yang terlatih maupun tidak terlatih (buruh kasar). *Paving block* adalah material konstruksi yang umumnya digunakan pada jalan, driveway, trotoar, garasi, dan area parkir.

Permintaan *paving block* yang terus meningkat sebagai bahan konstruksi telah menyebabkan peningkatan kebutuhan semen untuk pembuatannya, selain itu proses pembuatannya juga memerlukan jumlah air tawar yang signifikan. Meskipun tidak sebesar beton, kebutuhan air untuk pencampuran dan perawatan *paving block* tetap memberikan kontribusi terhadap penggunaan air industri yang cukup besar, terutama di daerah-daerah yang kekurangan air. Mengingat keterbatasan ketersediaan air tawar, penggunaan air laut sebagai pengganti air tawar dalam pencampuran beton menunjukkan potensi manfaat, terutama di daerah pesisir, pulau-pulau, dan wilayah gurun yang menghadapi kelangkaan air (Dasar dkk., 2024).

Selain itu, penggunaan semen dalam jumlah besar untuk pembangunan infrastruktur turut berkontribusi pada degradasi lingkungan. Penggunaan semen yang berlebihan juga menyebabkan penambangan bahan baku yang tidak terkendali, karena semen merupakan salah satu elemen utama yang digunakan dalam bangunan dan menyumbang 8–10% dari total CO₂. Oleh karena itu, sangat perlu untuk mengganti semen guna mengurangi gas rumah kaca (GRK) seperti CO₂. Ditegaskan bahwa penambahan produk limbah sebagai pengganti semen

tidak hanya membantu memecahkan masalah pembuangan limbah tetapi juga meningkatkan sifat ketahanan beton yang dihasilkan (Tayeh dkk., 2021).

Pemanfaatan produk limbah sebagai pengganti semen merupakan langkah penting menuju pembangunan berkelanjutan. Berbagai jenis limbah telah diteliti dan dikembangkan sebagai alternatif pengganti semen. Beberapa diantaranya yang umum digunakan adalah abu terbang (*fly ash*), abu sekam padi, silika fume, limbah keramik, limbah kaca, dan limbah plastik (tertentu). Peneliti menjadikan sekam padi sebagai limbah tambahan semen, karena pengambilan material yang dekat dan abu sekam padi juga dianggap sebagai limbah yang paling kaya akan kandungan silika.

Kandungan kimia sekam padi terdiri atas 50 % selulosa, 25 – 30 % lignin, dan 15 – 20 % silika. Abu sekam padi yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi pada suhu 400°–500°C akan menjadi silika amorf dan pada suhu lebih besar dari 1.000°C akan menjadi silika kristalin. Penggabungan bahan *pozzolan* sebagai bahan pengganti semen dalam beton merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan sifat beton. Hal ini disebabkan oleh kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) akibat hidrasi semen yang bereaksi terhadap *pozzolan* dan menghasilkan tambahan kalsium silikat hidrat (CSH) menghalangi pori-pori yang ada dan mengubah struktur pori (Patah dkk., 2022).

Pozzolan didefinisikan sebagai material silika dan alumina yang dengan sendirinya memiliki sedikit atau tidak memiliki sifat mengikat, tetapi dalam bentuk terdispersi halus dengan adanya air akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa yang memiliki sifat semen. Jika dibandingkan dengan semua produk limbah pertanian lainnya, abu sekam padi mengandung proporsi silika yang lebih tinggi. Sifat *pozzolan* abu sekam padi berfungsi untuk menurunkan permeabilitas beton pada usia lanjut dan, dengan demikian, meningkatkan daya tahan beton (Tayeh dkk., 2021).

Maka dari itu, penelitian ini dibutuhkan untuk mengetahui bagaimana potensi abu sekam padi sebagai bahan *pozzolan* dengan air laut sebagai pengikat pada *paving block*. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi terhadap durabilitas atau ketahanan jangka panjang pada *paving block*. Hasil dari penelitian ini diharapkan mendorong pemanfaatan material konstruksi yang ramah lingkungan (*eco-material*) dan berkelanjutan (*sustainable*). Selain itu, hasil dari penelitian ini dapat menjadi referensi keberlanjutan inovasi-inovasi alternatif material konstruksi yang dapat dimanfaatkan seperti *paving block*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana perbandingan nilai kuat tekan *paving block* variasi normal dengan *paving block* yang menggunakan abu sekam padi yang lolos saringan No.50 variasi 10% dan 20% dengan pencampuran air laut pada umur 7, 28, dan 56 hari?
- b. Bagaimana perbandingan nilai daya serap air *paving block* variasi normal dengan *paving block* yang menggunakan abu sekam padi yang lolos saringan No.50 variasi 10% dan 20% dengan pencampuran air laut pada umur 28 dan 56 hari?
- c. Berapakah nilai optimum kuat tekan pada *paving block* yang menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen ?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui perbandingan nilai kuat tekan *paving block* variasi normal dengan *paving block* yang menggunakan abu sekam padi yang lolos saringan No.50 variasi 10% dan 20% dengan pencampuran air laut pada umur 7, 28, dan 56 hari.
- b. Mengetahui perbandingan nilai daya serap air *paving block* variasi normal dengan *paving block* yang menggunakan abu sekam padi yang lolos saringan No.50 variasi 10% dan 20% dengan pencampuran air laut pada umur 28 dan 56 hari.

- c. Mengetahui nilai optimum kuat tekan pada *paving block* yang menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen.

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:

- a. Semen yang digunakan adalah *Cement Portland Composit* (PCC) tipe 1.
- b. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Kecamatan Mapilli, Kabupaten Polewali Mandar, yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan tertahan saringan No. 200 (0,075 mm).
- c. Agregat kasar yang digunakan berasal dari CV. Anato Group, Kecamatan Duampanua, Kabupaten Pinrang, yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dengan tertahan saringan No. 4 (4,75 mm).
- a. Bahan pengganti semen yang digunakan adalah Abu Sekam Padi (ASP) yang diambil dari Desa Arjosari, Kecamatan Wonomulyo, Kabupaten Polewali Mandar yang lolos saringan No. 50 (*ground rice husk ash*), dengan persentase 10% dan 20%.
- b. Air laut (*sea water*) yang digunakan diambil di Kecamatan Banggae, Kabupaten Majene. Air laut digunakan sebagai bahan pencampuran dalam *paving block*.
- c. Air tawar (*fresh water*) yang digunakan diambil di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat, sebagai bahan dalam pengujian dan perawatan *paving block*.
- d. Target FAS (Faktor Air Semen) maksimal 0,38.
- e. Benda uji berukuran panjang 20 cm x lebar 10 cm x tinggi 8 cm.
- f. Pengujian kuat tekan berdasarkan (SNI 03-0691-1996) dilakukan pada umur 7, 28 dan 56 hari dengan jumlah *paving block* sebanyak 15 sampel.
- g. Pengujian porositas dan daya serap berdasarkan (SNI 03-0691-1989) dilakukan pada umur 28 dan 56 hari dengan jumlah *paving block* sebanyak 15 sampel.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah memberikan pendapat mengenai pengaruh kuat tekan, porositas dan daya serap dengan pencampuran menggunakan air laut dan bahan pengganti semen yaitu abu sekam padi sebagai bahan *pozzolan* (pengikat)
- b. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya khususnya di bidang ketekniksipilan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini tentu tidak lepas dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dimana dalam mendukung penulisan penelitian ini, penulis membaca beberapa tulisan yang telah ada sebelumnya untuk dijadikan referensi. Berikut beberapa penelitian terdahulu terkait penelitian yang akan dilakukan:

- a. (Tayeh dkk., 2021). *Recycling of Rice Husk Waste for Sustainable Concrete: A Critical Review*. Tinjauan literatur terkini tentang penggunaan RHA (*Rice Husk Ash*) disajikan dalam makalah ini. Dampak RHA pada sifat-sifat beton seperti kemampuan kerja, kepadatan, kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah, modulus elastisitas, sifat durabilitas serta dampaknya terhadap keberlanjutan disusun. Selain itu, hasil teknis dilengkapi dengan analisis mikrostruktur yang dievaluasi melalui mikroskop elektron pemindaian (SEM). Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa RHA secara menguntungkan meningkatkan kekuatan mekanis yang disertai dengan peningkatan ketahanan terhadap serangan sulfat dan asam. Makalah ini mengajukan rekomendasi dan arahan baru untuk penelitian masa depan menuju penerapan produk konstruksi berbasis RHA yang ramah lingkungan.
- b. (Patah 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*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode ekperimental dengan pembuatan sampel sesuai dengan tabel mutu kuat tekan *paving block* pada SNI 03-0691-1996. 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%.

- c. (Saifullah dan Setyadi, 2023). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Paving Block*. Penelitian ini menggunakan bahan tambah abu sekam padi terhadap semen yaitu 3%, 5%, 7%, dan 9%. Hasil dari uji kuat tekan *paving block* balok di umur 28 hari mendapatkan kuat tekan Sebesar 300,09 kg/cm² atau 29,42 MPa dengan variasi abu sekam padi 9%, sedangkan, untuk *paving block* kubus mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi di umur 28 hari yaitu sebesar 245,44 kg/cm² atau 23,03 MPa dengan variasi abu sekam padi 7%, dan untuk *paving block* balok dengan variasi normal (0%) mendapatkan nilai uji kuat tekan tertinggi di umur paving 7 hari mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 243,72 kg/cm² atau 23,89 MPa, untuk kubus mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi di umur 28 hari dengan nilai kuat tekan yaitu 176,76 kg/cm² atau 17,33 MPa. *Paving block* dengan bentuk benda uji silinder mendapat nilai kuat tekan tertinggi di umur 28 hari yaitu 135,68 kg/cm² atau 13,30 MPa, dan untuk *paving block* kubus 15cm x 15cm mendapat nilai kuat tekan tertinggi di umur 28 hari yaitu 170,21 kg/cm² 16,69 MPa.
- d. (Dasar dkk., 2024). *Pengaruh Air Laut Pada Kualitas Paving Block untuk Aplikasi Non-Struktural*. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan potensi penggunaan air laut sebagai alternatif pengganti air tawar dalam proses pencampuran dan perawatan *paving block*, terutama untuk aplikasi non-struktural di daerah pesisir. Temuan ini memberikan kontribusi baru dalam teknik sipil dengan menunjukkan bahwa air laut dapat menjadi alternatif yang ekonomis dan berkelanjutan untuk pembuatan dan perawatan *paving block* di wilayah dengan keterbatasan air tawar, tanpa mengorbankan kualitas secara signifikan untuk aplikasi non-struktural.
- e. (Aksin, 2024). *Pemanfaatan Air Laut sebagai Bahan Pembuatan Paving Block untuk Area Parkir*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasir mapilli pada *paving block* dengan pencampuran air tawar dan air laut terhadap kuat tekan, daya serap, resistivitas listrik dan ketahanan asam. Dalam penelitian

ini menggunakan dua campuran dan perawatan yaitu air tawar dan air laut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 dan 91 hari menurut (SNI-03-0691-1996), pengujian daya serap dan porositas dilakukan pada umur 91 hari menurut (SNI-03-0691-1996), pengujian resistivitas listrik dilakukan pada umur 28 dan 91 hari menurut (ASTM-B193-20) dan pengujian ketahanan asam dilakukan pada umur 91 hari menurut (ASTM-C1898-20). Dengan target mutu *paving block* yang direncanakan adalah mutu B. Adapun variasi yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu AT-AT dengan nilai 21,06 MPa, daya serap air 12,44% serta nilai risiko kerusakan rendah, sedangkan untuk ketahanan acid variasi AT-AT memiliki kuat tekan yang tinggi dengan nilai 21,51 MPa. Untuk resistivitas listrik pada penelitian ini memiliki rata-rata resistivitas listrik yang tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat korosi pada *paving block* sangat rendah.

2.2 Paving Block

2.2.1 Definisi *paving block*

Paving block umumnya berupa blok beton dengan bentuk persegi atau persegi panjang. Digunakan untuk perkerasan permukaan tanah. Kemudian blok-blok ini disusun rapi untuk membentuk permukaan yang rata dan kuat. Penggunaan *paving block* sudah dikenal sejak abad ke-19. Awalnya, terbuat dari batu alam yang disusun secara manual. Kemudian, dengan perkembangan teknologi, *paving block* diproduksi massal dari semen, agregat, dan air.

Paving block adalah salah satu material konstruksi yang banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur, terutama di kawasan perumahan, jalan, dan tempat umum. Bahan ini terbuat dari campuran semen, pasir, dan agregat yang dicetak menjadi bentuk tertentu dan memiliki berbagai ukuran serta warna. *Paving block* tidak hanya berfungsi sebagai alas permukaan, namun juga memberikan nilai estetika pada suatu area. Pentingnya mengetahui tentang jasa pemasangan *paving block* menjadi krusial, karena pemasangan yang tepat akan menentukan kualitas dan ketahanan *paving block* dalam jangka panjang (PT. Samson Jaya

Utama, 2024). Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996 mendefinisikan *paving block* sebagai material komposit yang terbuat dari semen *portland* atau bahan perekat hidraulik sejenis, air, dan agregat.

2.2.2 Jenis-jenis *paving block*

Menurut Empat Pilar (2024) *paving block* memiliki beberapa jenis dan ukuran yang berbeda-beda, antara lain:

a. *Paving block* jenis bata

Salah satu jenis *paving block* yang sangat populer digunakan oleh pelanggan untuk mendekorasi halaman rumah atau kantor adalah *paving block* jenis bata. *Paving block* ini memiliki ciri khas yang menyerupai batu bata, dengan bentuk persegi panjang berukuran 10 cm x 21 cm. Bentuknya yang sederhana membuat *paving block* jenis bata cukup mudah dipasang dan menjadi pilihan utama untuk dekorasi bagian list.

b. *Paving block* topi uskup

Sesuai dengan namanya, *paving block* jenis ini memiliki bentuk yang menyerupai topi seorang uskup. Salah satu sisi *paving block* ini memiliki bentuk yang lancip, sehingga sering digunakan di area tepi. Selain memiliki bentuk yang unik, *paving block* jenis uskup juga memiliki kekuatan yang cukup baik, sehingga banyak digunakan untuk area jalan atau trotoar. Ukurannya yang lebih besar, yaitu 30 cm x 21 cm, membuatnya cocok untuk aplikasi di luar ruangan.

c. *Paving block trihex*/segitiga

Di Indonesia, *paving block* jenis trihex sering disebut juga sebagai *paving* segitiga. Bentuknya yang unik menyerupai tiga sarang lebah yang saling menempel. Sayangnya, bentuk yang unik ini membuat pemasangan *paving block trihex* menjadi lebih sulit. Namun model trihex ini sangat cocok untuk menciptakan dekorasi *paving block* yang lebih artistik dan menarik perhatian.

d. *Paving block hexagon*/segi enam

Paving block ini memiliki bentuk segi enam dengan ukuran biasanya sekitar 20 cm x 20 cm dan ketebalan mencapai 10 cm. Selain bentuknya yang mudah dipasang, *paving block hexagon* juga sangat kuat, sehingga sering digunakan untuk keperluan pembuatan jalan.

e. *Paving block cacing*

Meski memiliki bentuk yang tidak simetris, pemasangan *paving block* jenis cacing bisa dibilang cukup sederhana, bahkan tidak jauh berbeda dengan model *hexagon* dan bata. Keunikan modelnya dapat memberikan sentuhan estetika pada dekorasi *paving block*, sehingga tidak ada keraguan jika model ini banyak digunakan di halaman rumah mewah. Ukurannya biasanya sekitar 11 cm x 22 cm, dengan ketebalan bervariasi antara 6 cm, 8 cm, hingga 10 cm.

f. *Paving block rumput/paving grassblock*

Berbeda dengan jenis *paving block* lain yang memiliki permukaan datar, *paving block* rumput ini memiliki permukaan yang berlubang. Lubang-lubang pada *paving block* ini dirancang untuk menumbuhkan rumput. Terdapat beberapa variasi ukuran, seperti 40 cm x 40 cm dengan 5 lubang atau 30 cm x 45 cm dengan 8 lubang.

g. *Paving block* ubin kecil

Paving block ini sering digunakan untuk menghias halaman rumah dan memiliki karakteristik yang ringan, namun tidak terlalu kuat, sehingga tidak disarankan untuk digunakan pada jalan. *Paving block* jenis ubin kecil memiliki ukuran sekitar 10,5 cm x 10,5 cm dengan ketebalan 6 atau 8 cm.

h. *Paving block* ubin besar

Paving block ini juga berbentuk persegi, tetapi dengan ukuran dua kali lipat lebih besar. Keunggulan utamanya adalah ketahanan yang lebih baik, sehingga sering digunakan di area garasi rumah atau pinggir halaman. *Paving block* berukuran 21 cm x 21 cm ini tersedia dalam dua variasi ketebalan, yaitu 6 cm dan 8 cm. Untuk mencakup area seluas 1 meter persegi, membutuhkan sekitar 22 buah *paving block* ubin besar.

 <p>STRAIGHT / Bata 6 Cm X 10,5 Cm X 21 Cm 8 Cm X 10,5 Cm X 21 Cm 10 Cm X 10,5 Cm X 21 Cm Kebutuhan 44 Pcs / M²</p>	 <p>10/20 Bata 6 Cm X 10,5 Cm X 21 Cm Kebutuhan 50 Pcs / M²</p>	 <p>UNIPAVE / Cacing 6 Cm X 11,2 Cm X 22,5 Cm 8 Cm X 11,2 Cm X 22,5 Cm Kebutuhan 39 Pcs / M²</p>	 <p>TRIHIX 6 Cm X 9,6 Cm X 19,7 Cm 8 Cm X 9,6 Cm X 19,7 Cm Kebutuhan 39 Pcs / M²</p>
 <p>HEXAGON 6 Cm X 24 Cm X 30 Cm 8 Cm X 24 Cm X 30 Cm Kebutuhan 27 Pcs / M²</p>	 <p>SEGI EMPAT / 20/20 6 Cm X 20 Cm X 20 Cm 8 Cm X 20 Cm X 20 Cm Kebutuhan 25 Pcs / M²</p>	 <p>SEGI EMPAT / 21/21 6 Cm X 21 Cm X 21 Cm Kebutuhan 22 Pcs / M²</p>	 <p>TAHU / 10/10 6 Cm X 10 Cm X 10 Cm Kebutuhan 100 Pcs/M²</p>

Gambar 2.1 Jenis *Paving Block* (Indonusa Conblock, 2024)

2.2.3 Klasifikasi mutu *paving block*

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996, ada empat klasifikasi mutu *paving block* yang ditentukan berdasarkan kuat tekannya:

- Mutu A: kuat tekan minimal 35 MPa/K-350 (350 kg/cm) dengan rata-rata sekitar 40 MPa/K-400 (400 kg/cm). Digunakan untuk bagian non-struktural maupun struktural konstruksi yang menahan beban berat, seperti area jalan dengan lalu lintas padat.
- Mutu B: kuat tekan minimal 17 MPa/K-170 (170 kg/cm) dengan rata-rata sekitar 20 MPa/K-200 (200 kg/cm). Digunakan untuk bagian struktural konstruksi dengan lalu lintas beban ringan hingga sedang, seperti lahan parkir dan jalanan kompleks perumahan.
- Mutu C: kuat tekan minimal 12,5 MPa/K-125 (125 kg/cm) dengan rata-rata sekitar 15 MPa/K-150 (150 kg/cm). Digunakan untuk bagian non-struktural konstruksi, seperti jalan setapak, pedestrian, atau trotoar.
- Mutu D: kuat tekan minimal 8,5 MPa/K-85 (85 kg/cm) dengan rata-rata sekitar 10 MPa/K-100 (100 kg/cm). Digunakan untuk area jalan dengan lalu lintas beban sangat rendah, seperti taman kota.

2.2.4 Syarat mutu *paving block*

Syarat mutu pada *paving block* merupakan standar yang ditetapkan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan fungsinya.

- a. *Paving block* harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya harus tahan terhadap gesekan dengan kekuatan jari tangan.
- b. *Paving block* harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.
- c. *Paving block* harus mempunyai sifat-sifat fisika. Sifat-sifat ini sangat mempengaruhi daya tahan, keindahan, dan fungsi dari *paving block* itu sendiri, 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 Maksimum
	Rata-Rata	Minimum	Rata-Rata	Minimum	(%)
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996)

Menurut *British Standar Institution* 6717 part 1, 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 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 block* sebaiknya lebih dari 7 mm.
- e. Toleransi dimensi pada *paving block* yang diizinkan yaitu:
 - 1) Panjang ± 2 mm
 - 2) Lebar ± 2 mm

3) Tebal ± 3 mm

Untuk perhitungan kuat tekan digunakan faktor koreksi terhadap ketebalan dengan nilai sebagai berikut:

Tabel 2.2 Faktor Koreksi Terhadap Ketebalan Benda Uji

Ketebalan	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 : *British Standar Instituion, 1986*

2.2.5 Metode pembuatan *paving block*

Secara umum, ada dua metode utama dalam pembuatan *paving block*, yaitu:

a. Metode konvensional (manual)

Metode ini merupakan cara tradisional yang masih banyak digunakan, terutama untuk skala produksi yang kecil. Prosesnya melibatkan pencampuran bahan baku secara manual dan pencetakan menggunakan cetakan sederhana.

1) Proses

- a) Pencampuran: bahan baku seperti pasir, semen, abu bata, dan air dicampur secara manual hingga membentuk adonan yang homogen.
- b) Pencetakan: adonan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan secara manual.
- c) Pengeringan: *paving block* yang sudah dicetak dibiarkan mengering secara alami.

2) Kelebihan

- a) Biaya produksi rendah: tidak memerlukan investasi mesin yang mahal.
- b) Proses sederhana: mudah dilakukan tanpa memerlukan keahlian khusus.

3) Kekurangan

- a) Produktivitas rendah: proses produksi memakan waktu lama.

- b) Kualitas kurang seragam: kekuatan dan ukuran *paving block* secara alami.



Gambar 2.2 *Paving Block* Metode Manual (Asiacon, 2025)

b. Metode mesin

Metode mesin menggunakan mesin khusus untuk mengaduk, mencetak, dan memadatkan adonan *paving block*. Proses ini lebih efisien dan menghasilkan produk yang lebih berkualitas.

1) Jenis mesin

- a) Mesin press hidrolik: memberikan tekanan yang sangat kuat pada adonan sehingga menghasilkan *paving block* dengan kepadatan tinggi.



Gambar 2.3 Mesin Press Hidrolik (PT. Hinoka Alsindo, 2025)

- b) Mesin getar: menggunakan getaran untuk memadatkan adonan dan mengeluarkan udara di dalamnya. Getaran yang dihasilkan oleh mesin ini membuat partikel-partikel beton saling mengunci dengan kuat, sehingga menghasilkan *paving block* yang lebih padat, kuat, dan tahan lama.



Gambar 2.4 Mesin Getar (*Karyamitra.co.id., 2025*)

- 2) Proses
 - a) Pencampuran: bahan baku dicampur secara mekanis menggunakan *mixer*.
 - b) Pencetakan: adonan yang sudah homogen dimasukkan ke dalam cetakan mesin dan dipadatkan dengan tekanan atau getaran.
 - c) Pengeringan: *paving block* yang sudah dicetak kemudian dikeringkan, biasanya dalam ruangan khusus dengan suhu dan kelembaban yang terkontrol.
- 3) Kelebihan
 - a) Produktivitas tinggi: proses produksi lebih cepat dan efisien.
 - b) Kualitas seragam: kekuatan dan ukuran *paving block* lebih konsisten.
 - c) Waktu pengeringan singkat: proses pengeringan dapat dipercepat dengan menggunakan alat pengering
- 4) Kekurangan
 - a) Biaya investasi tinggi: membutuhkan investasi yang besar untuk membeli mesin.
 - b) Membutuhkan tenaga ahli: pengoperasian mesin memerlukan keahlian khusus.

2.2.6 Perbedaan *paving block* dan *conblock*

Pilihan antara *paving block* dan *conblock* tergantung pada kebutuhan dan preferensi. Meski terlihat sama persis, ternyata *paving block* dan *conblock* punya beberapa perbedaan.

Berikut ini adalah perbedaan *paving block* dan *conblock*:

a. Karakteristik

- 1) *Paving block*: ketebalannya berkisar antara 8-10 cm dengan kekuatan berkisar 250 kg/cm² hingga 450 kg/cm², tergantung pada lapisan pengerasnya.
- 2) *Conblock*: lebih tebal, dengan ketebalan mulai dari 10-30 cm dan kekuatan sekitar 400 kg/cm² hingga 500 kg/cm²

b. Pengertian

- 1) *Paving block*: terbuat dari campuran semen *portland*, bahan perekat hidrolis, air, dan agregat. *Paving block* memiliki bentuk seperti bata dan sering digunakan di trotoar atau daerah padat penduduk.
- 2) *Conblock*: Singkatan dari *concrete block*, *conblock* adalah bahan bangunan yang padat dan berongga. Terbuat dari semen dan agregat dengan perbandingan Semen-Agregat 1:6.

c. Pemasangan

Pemasangan *paving block* lebih mudah dibandingkan *conblock*. *Paving block* yang lebih kecil bisa dipasang secara manual, sehingga biaya pemasangannya lebih rendah. Sedangkan *conblock* yang lebih besar memerlukan alat berat, sehingga pemasangannya lebih mahal.

2.2.7 Kelebihan dan kekurangan *paving block*

Paving block memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yang membuatnya menjadi pilihan yang baik dalam konstruksi. Berikut adalah beberapa kelebihan penggunaan *paving block*:

a. Daya serap lebih baik

Paving block memiliki daya serap air yang baik, sehingga menghindari genangan air di permukaan. Bahan ini cocok untuk daerah perkotaan yang rawan banjir dan padat penduduk.

b. Pemasangan dan perawatan mudah

Proses pemasangan *paving block* lebih sederhana dibandingkan dengan aspal atau beton. Kemudian, *paving block* juga tidak memerlukan peralatan khusus dan dapat dipelajari dengan cepat. Selain itu, perawatannya juga mudah, karena tahan terhadap perubahan cuaca.

c. Penerapan serba guna

Bisa digunakan sebagai jalan raya, halaman rumah, taman bermain, dan lahan parkir. Fleksibel dan dapat diatur sesuai kebutuhan.

d. Aspek keindahan

Tersedia dalam berbagai bentuk, desain, dan warna. Memperindah tampilan area dan memberikan nilai estetika.

e. Ramah lingkungan

Terbuat dari campuran semen, pasir, air, dan agregat, yang mana semua bahannya dapat didaur ulang.

f. Hemat biaya

Lebih ekonomis dibandingkan dengan beberapa material konstruksi lainnya seperti beton ataupun aspal.

Namun, *paving block* ini juga mempunyai kekurangan yang juga perlu diketahui. Berikut ini adalah beberapa kekurangan *paving block*:

a. Waktu pemasangan lama

Proses pemasangan memerlukan lebih banyak tenaga kerja dan waktu. Pasalnya ada beberapa step seperti membuat dasaran dan kemudian baru dipasang lalu *finishing*.

b. Perawatan rutin

Lalu, *paving block* memerlukan perawatan rutin agar tetap terjaga tampilannya. Jika tidak dirawat dengan baik, permukaan *paving block* dapat mengalami kerusakan dan keausan.

c. Permukaan kasar

Permukaan *paving block* cenderung lebih kasar dibandingkan dengan jenis lantai lainnya. Hal ini dapat memengaruhi kenyamanan penggunaan.

d. Kurang cocok untuk lalu lintas yang berkecepatan tinggi

Paving block kurang cocok untuk dipasang di jalanan yang dilalui kendaraan dengan kecepatan tinggi. Juga, struktur *paving block* tidak dapat menahan beban berat dari lalu lintas yang cepat.

e. Mudah bergelombang jika pondasi tidak kuat

Jika pondasi atau struktur dasar *paving block* tidak dipasang dengan kuat, permukaannya dapat menjadi bergelombang. Kemudian, pemasangan yang tidak teliti dapat mengakibatkan ketidakrataan dan ketidakstabilan.

Mengetahui kelebihan dan kekurangan *paving block* dapat memilih jenis *paving block* yang paling sesuai dengan kebutuhan dan juga dapat menghindari penggunaan *paving block* di tempat yang tidak cocok, sehingga menghindari masalah dikemudian hari, seperti kerusakan atau ketidaknyamanan.

2.2.8 Material penyusun *paving block*

Material penyusun pada *paving block* yang digunakan antara lain:

a. Semen *portland* (*portland cement*)

Semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Semen yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81. *Portland cement* (PC) berfungsi membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut. Adapun sifat-sifat semen sebagai berikut:

1) Sifat kimia semen

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan

bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (Murdrock & Brook, 1979). Sifat kimia serta komposisi semen sesuai Teknologi Beton (Mulyono, 2004).

2) Sifat fisik semen

a) Kehalusan butir

Semakin halus semen, maka permukaan butirannya akan semakin luas, sehingga persenyawaannya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula. Pada umumnya semen memiliki kehalusan sedemikian rupa sehingga kurang dari 80% dari butirannya dapat menembus ayakan 44 mikron. Makin halus butiran semen, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi besar. Makin besar luas permukaan butir ini, makin banyak pula air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menentukan kehalusan butir semen. Cara yang paling sederhana dan mudah dilakukan ialah dengan mengayaknya.

b) Berat jenis

Berat jenis dari bubuk semen pada umumnya berkisar antara 3,10 sampai 3,30. Biasanya rata-rata berat jenis ditentukan 3,15. Berat jenis semen penting untuk diketahui, karena semen *portland* yang tidak sempurna pembakarannya dan atau dicampur dengan bubuk batuan lainnya, berat jenisnya akan terlihat lebih rendah daripada angka tersebut. Untuk mengukur baik atau tidaknya atau tercampur atau tidaknya suatu bubuk semen dengan bahan lain, dipakai angka berat jenis 3,00. Dengan demikian jika pengujian semen dan hasilnya menunjukkan bahwa berat jenisnya kurang dari 3,00 kemungkinan semen itu tercampur dengan bahan lain (tidak murni) atau sebagian semen itu telah mengeras.

Berat isi (berat satuan) semen sangat tergantung pada cara pengisian semen ke dalam takaran. Jika cara mengisinya sembur (los), berat isinya rendah yaitu antara 1 kg/liter. Jika pengisiannya dipadatkan, berat isinya dapat mencapai 1,5 kg/liter. Dalam praktik biasanya dipakai berat isi rata-rata yaitu antara 1,25 kg/liter.

c) Waktu pengerasan semen

Pada pengerasan semen dikenal dengan adanya waktu pengikatan awal (*initial setting*) dan waktu pengikatan akhir (*final setting*). Waktu pengikatan awal dihitung sejak semen tercampur dengan air hingga mengeras. Pengikatan awal untuk semua jenis semen harus diantara 60-120 menit.

d) Kekekalan bentuk

Pada semen yang dibuat dalam bentuk tertentu dan bentuknya tidak berubah pada waktu mengeras, maka semen tersebut mempunyai sifat kekal bentuk.

e) Pengaruh suhu

Peningkatan semen berlangsung dengan baik pada suhu 35°C dan berjalan dengan lambat pada suhu dibawah 15°C.

b. Agregat halus dan agregat kasar

1) 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 sebagai salah satu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan tertahan pada saringan no.200 (0,075 mm), 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) sebagai bahan material pembuatan beton sesuai dengan (*American Society for Testing and Materials*, 2003) adalah sebagai berikut:

- a) Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dan gradasinya menerus. Butir-butir agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan. Butiran tajam, keras, awet (*durable*) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
- b) Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50-3,80.
- c) Kadar lumpur/bagian butir yang lebih kecil dari 0,07 mm dan maksimum 5%.
- d) Kadar zat ditentukan dengan larutan natrium hidroksida 3%, jika dibandingkan dengan warna standar atau pembanding, tidak lebih tua dari pada warna standar (sama).
- e) Kekerasan butir, jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kuarsa Bangka, memberikan angka hasil bagi tidak lebih besar dari 2,20.

Pemeriksaan agregat halus perlu dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan dan juga dilakukan untuk mengetahui apakah agregat halus ini memenuhi persyaratan atau tidak. Hasil pemeriksaan ini juga dapat digunakan sebagai data rencana adukan beton yang akan digunakan dalam pembuatan *paving block*.

- a) Kadar lumpur

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk gradasi mengetahui kadar lumpur dalam pasir. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Yang dimaksud lumpur adalah bagian yang lolos saringan 200 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.

b) Berat jenis agregat halus

Pengujian berat jenis agregat halus dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus/pasir.

c) Gradasi pasir atau modulus halus butir agregat

Gradasi pasir adalah distribusi ukuran butir pasir. Bila butir-butir pasir mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi. Untuk menyatakan gradasi pasir, dipakai nilai persentase berat butiran yang tertinggal atau lewat dalam susunan ayakan. Susunan ayakan pasir yang dipakai adalah 9,50; 4,75; 2,36; 1,18; 0,60; 0,30; dan 0,15 mm.

Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan gradasi pasir berupa Modulus Halus Butir (MHB) dan tingkat kekerasan pasir. Modulus Halus Butir (MHB) menunjukkan ukuran kehalusan atau kekerasan butir-butir agregat yang dihitung dari jumlah persentase kumulatif butiran yang tertahan dibagi 100. Semakin kecil nilai MHB menunjukkan semakin halus atau kecil butir-butir agregatnya. Sebagaimana ditentukan sesuai SNI 03-2834-2000, yang terdapat pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Zona I (Pasir Kasar)	Zona II (Pasir Sedang)	Zona III (Pasir Agak Halus)	Zona IV (Pasir Halus)
9,60	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	85-100	85-100	95-100

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Zona I (Pasir Kasar)	Zona II (Pasir Sedang)	Zona III (Pasir Agak Halus)	Zona IV (Pasir Halus)
1,20	30-70	75-100	75-100	90-100
0,60	15-34	60-79	60-79	80-100
0,30	5-20	12-40	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000)

2) Agregat kasar

Sesuai SNI 1969-2008, kerikil sebagai hasil disintegrasi 40 mm (No. 1 ½ inci). Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air.

Agregat yang diambil dari bawah muka air tanah akan memiliki penyerapan yang lebih besar apabila digunakan, bila tidak dibiarkan mengering. Sebaliknya, beberapa jenis agregat apabila digunakan mungkin saja mengandung kadar air yang lebih kecil bila dibandingkan dengan kondisi terendam selama (24+4) jam. Untuk agregat yang telah kontak dengan air dan terdapat air bebas pada permukaan partikelnya, persentase air bebasnya dapat ditentukan dengan mengurangi penyerapan dari kadar air total yang ditentukan dengan cara uji AASHTO T 255. Pada penelitian ini, digunakan kerikil yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) dengan tertahan saringan no.4 (4,75 mm).

Berikut tabel 2.4 ketentuan gradasi agregat kasar berdasarkan SNI-03-2834-2000.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Berat Butir yang Lolos Saringan		
	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
75,0			100-100
37,5		100-100	95-100
19,0	100-100	95-100	35-70
9,5	50-85	30-60	10-40
4,75	0-10	0-10	0-5

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000)

3) Air

Air merupakan komponen penting dalam pembuatan *paving block*. Takaran air yang tepat sangat penting dalam pembuatan *paving block* agar menghasilkan *paving block* dengan kualitas terbaik.

Fungsi utama air dalam campuran *paving block* adalah sebagai berikut:

- a) Hidrasi semen: air bereaksi dengan semen untuk memulai proses hidrasi. Proses ini akan mengikat partikel-partikel semen dan agregat menjadi suatu massa yang keras dan kuat.
- b) Pelumas: air berfungsi sebagai pelumas yang membantu memudahkan pencampuran antara semen, agregat, dan bahan aditif lainnya. Dengan adanya air, campuran beton akan menjadi lebih plastis dan mudah dibentuk.
- c) Membawa nutrisi: air membawa nutrisi yang diperlukan untuk reaksi kimia hidrasi semen.

Jumlah air yang digunakan dalam campuran *paving block* sangat berpengaruh terhadap kualitas produk akhir. Terlalu banyak air dapat mengurangi kekuatan *paving block* karena pori-pori pada *paving block* akan lebih banyak. Juga meningkatkan risiko terjadinya retak dan

memperpanjang waktu pengeringan. Jika terlalu sedikit air, sulit untuk mencampur bahan-bahan secara merata dan kekuatan beton akan berkurang, serta meningkatkan risiko terjadinya segregasi (pemisahan) antara semen dan agregat. Oleh sebab itu, sangat penting untuk mengukur jumlah air yang digunakan dalam campuran beton yaitu Faktor Air Semen (FAS).

Faktor Air Semen (FAS) merupakan perbandingan antara berat air dengan berat semen dalam suatu campuran beton. FAS yang tepat akan menghasilkan *paving block* dengan kekuatan dan durabilitas yang optimal, sehingga *paving block* lebih tahan terhadap cuaca ekstrem, abrasi, dan beban lalu lintas. FAS yang terlalu tinggi akan meningkatkan risiko terjadinya retak dan kerusakan pada *paving block*. Pada penelitian ini, target nilai Faktor Air Semen (FAS) maksimal 0,38.

Persyaratan air sesuai dengan (PBI 1971) adalah sebagai berikut:

- a) Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d) Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter

Pada penelitian ini, menggunakan air laut sebagai bahan pengikat pada campuran *paving block*. Penggunaan air laut sebagai alternatif air tawar dalam pencampuran beton telah menjadi topik beberapa penelitian sebelumnya. Hal ini dikarenakan di daerah pesisir yang memiliki keterbatasan sumber air tawar. Air laut memiliki kadar garam rata-rata sekitar 35.000 ppm atau 35% gram/liter, artinya dalam 1 liter air laut (1000 ml) terdapat 35 gram zat garam. Kandungan kimia utama dari air laut adalah klorida (Cl), natrium (Na), magnesium (Mg), Sulfat (SO₄). Nilai pH air laut bervariasi antara 7,5 – 8,5. Air laut umumnya dapat menyebabkan kerusakan mortar baik dengan reaksi fisik maupun reaksi kimia. Proses

hidrasi semen, selain menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang bersifat sebagai perekat juga menghasilkan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Magnesium sulfat (MgSO_4) merupakan bahan kimia dalam air laut yang paling berpengaruh terhadap agresi pada mortar. Air laut dapat digunakan sebagai alternatif yang ekonomis dalam pembuatan dan perawatan paving block di daerah dengan keterbatasan air tawar, tanpa mengorbankan kualitas secara signifikan untuk aplikasi non-struktural (Dasar dkk., 2024).

4) Abu sekam padi (*rice husk ash*)

Abu sekam padi merupakan limbah pertanian yang memiliki potensi besar sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block*. Abu ini mengandung silika yang tinggi, yang memberikan sifat pozzolanik, yaitu kemampuan untuk bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam semen dan membentuk senyawa silika kalsium hidrat yang kuat. Abu sekam padi dapat menggantikan sebagian semen dalam campuran beton. Hal ini dapat mengurangi biaya produksi dan sekaligus mengurangi emisi karbon. *Paving block* yang mengandung abu sekam padi cenderung lebih tahan terhadap perubahan suhu yang ekstrem, seperti suhu tinggi dan rendah. Abu sekam padi juga dapat mengurangi permeabilitas beton, sehingga beton menjadi lebih tahan terhadap penetrasi air dan bahan kimia.

Penggunaan abu sekam padi (*rice husk ash*) dengan variasi persentase 3%, 5% dan 10% pada campuran beton normal. Hasil penelitian yang didapat menunjukkan penambahan abu sekam padi (*rice husk ash*) yang optimum terdapat pada variasi 5% dengan nilai kuat tekan sebesar 30.38 Mpa, sedangkan untuk nilai kuat tekan tanpa penambahan abu sekam padi (*rice husk ash*) sebesar 25.10 Mpa pada umur 28 hari (Nugroho, 2020). Penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan *paving block* hingga 6,5% dibandingkan dengan *paving block* normal (Wijaya dkk., 2022).

2.2.9 Perawatan *paving block*

Curing adalah perlakuan atau perawatan terhadap *paving block* selama masa pembekuan. Pengukuran *curing* diperlukan untuk menjaga kondisi kelembaban dan suhu yang diinginkan pada *paving block*, karena suhu dan kelembaban secara langsung berpengaruh terhadap sifat-sifat kimia *paving block*. Pengukuran *curing* mencegah air hilang dari adukan dan membuat lebih banyak hidrasi semen. *Curing* dilakukan untuk menjaga suhu *paving block* tetap stabil sehingga proses hidrasi tidak terjadi terlalu lama hingga tercapai kekuatan *paving block* rencana (Nofrianto & Hutrio, 2023).

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 (*freshwater*) dengan menyimpan *paving block* di tempat yang aman dan hindari langsung dari terik matahari karena akan mempengaruhi mutu dari *paving block*.

2.2.10 Pengujian *paving block*

Pengujian yang akan dilakukan di Laboratorium Sipil Universitas Sulawesi Barat meliputi pengujian kuat tekan dan daya serap air pada *paving block*. Berikut penjelasan masing-masing pengujian:

a. Kuat tekan

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

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

Keterangan:

σ = kuat tekan (kg/cm²)

P = beban tekan 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. Pengujian kuat tekan dilakukan ketika benda uji (*paving block*) memasuki umur 7, 28, dan 56 hari. Dalam pengolahan data pengujian kuat tekan, disertakan pula standar deviasi karena memiliki peran krusial dalam menganalisis dan menginterpretasikan hasil pengujian.

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 berikut ini.

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

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 2.5 Standar Deviasi

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Standar Deviasi (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Standar Deviasi (MPa)
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: Teknologi Beton, 2004

b. Daya serap air

Uji daya serap merupakan salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu material, khususnya beton, dalam menyerap air. Semakin besar daya serap air suatu material, maka semakin banyak pori-pori yang terdapat pada material tersebut. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, penyerapan air dilakukan dengan langkah seperti berikut ini.

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. Kemudian 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).

Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan daya serap air adalah sebagai berikut:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{C-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

C = berat SSD/kering permukaan

A = berat kering setelah dioven

2.3 Bahan *Pozzolan*

Pozzolan adalah bahan silika atau silika alumina yang dalam bentuk halus dan adanya air, bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) pada suhu kamar untuk membentuk senyawa yang memiliki sifat pengikat hidrolis. Sederhananya, *pozzolan* adalah bahan yang dapat bereaksi dengan kapus untuk membentuk senyawa yang mengeras seperti semen.

Secara umum, abu sekam padi (RHA) yang mengandung sekitar 85-95% silika amorf telah menunjukkan perilaku *pozzolan* yang sesuai dengan beton semen. Reaktivitas *pozzolanik* RHA bergantung pada kandungan silika amorf, kehalusan, proporsi campuran, media alkali yang tersedia, dan suhu karena semua faktor ini terkait dengan pelarutan silika dari RHA. Selain itu, metode penggilingan juga mempengaruhi kehalusan (Siddika dkk., 2021).

Menurut ASTM C618, setiap bahan dengan indeks *pozzolanik* 75% atau lebih baik, dapat digunakan sebagai SCM pada beton, karena reaktivitas *pozzolan* dari RHA jauh lebih tinggi. Reaksi *pozzolan* RHA mempengaruhi pengendapan CH dan pembentukan gel C-S-H, yang selanjutnya mempengaruhi laju hidrasi semen. Reaksi *pozzolanik* dari RHA terus berlanjut hingga bertahun-tahun, tergantung pada pelarutan silika dari RHA dan CH yang tersedia (Wang dkk., 2021).

RHA menunjukkan aktivitas *pozzolan* yang jauh lebih rendah dengan suhu pembakaran melebihi 750°C . Partikel RHA dibungkus dengan lapisan air, yang selanjutnya mempengaruhi reaksi *pozzolanik* dan reaksi yang dikontrol difusi dari RHA serta reaksi difusi partikel semen. Reaksi hidrasi sistem semen-RHA sangat rumit. Berdasarkan mekanisme hidrasi, reaksi *pozzolanik* RHA tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas kimia dan ikatan fisik (porositas) partikel, tetapi juga dibatasi oleh reaksi hidrasi semen. Hasil penelitian oleh Nguyen, (2021) menunjukkan bahwa semakin halus partikel RHA, semakin cepat reaksi *pozzolan* dan semakin banyak C-S-H yang terbentuk. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dampak reaksi *pozzolanik* terhadap kelembaban lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksin, R.A., 2024. *Pemanfaatan Air Laut sebagai Bahan Pembuatan Paving Block untuk Area Parkir*. [Online] Fakultas Teknik Unsulbar Available at: <https://repository.unsulbar.ac.id/id/eprint/1166> [Accessed Sabtu Januari 2025].
- 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.
- American Society for Testing and Materials, 2003. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. In ASTM C33. United States: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials, 2006. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. In ASTM C 642-06. United States: ASTM International.
- Arif, M., 2024. *Evaluasi Kekuatan dan Durabilitas Paving Block Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan Menggunakan Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA)*. Skripsi. Universitas Sulawesi Barat.
- Asiacon, 2025. *Ragam Jenis Mesin Paving Block Hidrolik & Manual Di Indonesia*. [Online] Available at: <https://asiacon.co.id/blog/mesin-paving-block-hidrolik-manual> [Accessed Minggu Januari 2025].
- Badan Standardisasi Nasional, 1996. *Bata Beton (Paving Block)*. In SNI 03-0691-1996. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. In SNI 03-2834-2000. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. In SNI 2493:2011. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. In SNI 2847:2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Bitu, L.G. & Dhani, N., 2022. *Analisa Penambahan Limbah Abu Sekam Padi Asal Kelurahan Ngkari-Kari Kecamatan Bungi Kota Bau-Bau Pada Pembuatan Paving Block*. pp.137-43.
- British Standard Institution. (1986). BS 6717: Part 1: 1986: *Precast Concrete Paving Blocks*. London: British Standards Institution.
- Dasar, A., Patah, D. & Apriansyah, 2024. *Pengaruh Air Laut pada Kualitas Paving Block untuk Aplikasi Non-Struktural*. Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, 8, pp.253-266.
- Dasar, A., Patah, D., Hamada, H., Sagawa. & Yamamoto, D., 2020. *Penerapan Air Laut Sebagai Bahan Pencampur dan Pengeras Beton Umur 4 Tahun*. Jurnal Elsevier: Konstruksi dan Bahan Bangunan, jilid 259.
- Dasar, A. & Patah, D., 2021. *Pasir dan Kerikil Sungai Mapilli sebagai Material Lokal untuk Campuran Beton di Sulawesi Barat*. Bandar: *Journal of Civil Engineering*, 3, pp.9-14.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. In PBI 1971. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Empat Pilar, 2024. *Pengertian Paving Block : Fungsi dan Jenis-Jenisnya*. [Online] Available at: <https://www.empatpilar.com/pengertian-paving-block/> [Accessed Sabtu Januari 2025].
- Farhan, M., Nuklirullah, M. & Bahar, F.F., 2023. *Pengaruh Penggunaan Abu-Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal Teknik, 21, pp.58-67.
- Indonusa Conblock, 2024. *Inilah 6 Model Paving Block menjadi Primadona di Indonesia*. [Online] Available at: <http://www.indonusa-conblock.com/model-paving-block-di-indonesia/> [Accessed Sabtu Januari 2025].
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2004. *Persyaratan Semen Portland untuk Campuran Beton*. In SII 0013-81. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*. Andi.
- Murdock, L.J. & Brook, K.M., 1979. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.

- NIU Precast, 2024. *Memahami Definisi Paving Block atau Conblock Beserta dengan Fungsinya*. [Online] Available at: <https://niu-precast.co.id/blog/pengertian-paving-block/> [Accessed Minggu Januari 2025].
- Nofrianto, H. & Hutrio, 2023. *Analisis Mutu Paving Block dengan Variasi Agregat Halus*. Jurnal Teknologi dan Vokasi, 1, pp.54-62.
- Nugroho, P.A., 2020. *Analisis Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash) sebagai Upaya Pengurangan Penggunaan Semen Portland Pada Beton Normal (Menggunakan SNI 7656-2012)*. Skripsi. Tegal: Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
- Patah, D, Permadi, Y.D., Apriansyah. & Yusman, 2022. *Paving Block Abu Sekam Padi untuk Infrastruktur Desa dan Pesisir Sulawesi Barat*. Jurnal Penelitian Enjiniring, 26, pp.8-28.
- Patah, D. & Dasar, A., 2022. *Kinerja Kekuatan Beton Menggunakan Abu Sekam Padi (ASP) Sebagai Bahan Tambahan Semen (BPS)*. Jurnal Forum Teknik Sipil, pp.261-276.
- Patah, D. & Dasar, A., 2023. *Dampak Penggunaan Abu Sekam Padi, Air Laut dan Pasir Laut Terhadap Korosi Tulangan Beton*. Jurnal Forum Teknik Sipil, pp.251-262.
- Patah, D., Dasar, A., Suryani, H. & Okviyani, N., 2023. *Paving Block Mutu B untuk Infrastruktur Jalan Menggunakan Material Sulawesi Barat*. Bandar: *Journal of Civil Engineering*. 5, pp.23-28.
- Patah, D., Dasar, A. & Indrayani, P., 2022. *Pengaruh Metode Perawatan yang Berbeda terhadap Kekuatan Beton*. Bandar: Jurnal Teknik Sipil, 4, pp.1-9.
- Patah, D., Dasar, A., Apriansyah & Caronge, M.A., 2023. *Pengembangan Kekuatan Beton yang Dicampur dan Diawetkan dengan Air Laut dengan Berbagai Rasio Penggantian Abu Terbang*. Jurnal Forum Ilmu Material, pp.111-118.
- PT. Samson Jaya Utama, 2024. *Apa Itu Paving Block? Panduan Lengkap Tentang Jenis dan Fungsi*. [Online] Available at: <https://pavesam.com/apa-itu-paving-block/> [Accessed Sabtu Januari 2025].
- Putra, F.S., 2024. *pemanfaatan air laut dalam pembuatan paving block untuk parkir*. Skripsi. Universitas Sulawesi Barat

- Ridhayani, I., Dasar, A., Mahmuda, A.F., Manaf, A. & Patah, D., 2023. *Perbandingan Kinerja Bata Beton Menggunakan Abu Cangkang Sawit, Abu Sekam Padi dan Abu Serat Sagu*. JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), 11, pp.241-248.
- Saifullah, N.A.A. & Setyadi, R., 2023. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Paving Block*. [Online] Institut Teknologi Indonesia Available at: <http://repository.iti.ac.id/jspui/handle/123456789/1972> [Accessed Sabtu Januari 2025].
- Siddika, A., Mamun, M. A., Alyousef, R. & Mohammadhosseini, H. 2021. *State of the Art Review on Rice Husk Ash: a Supplementary Cementitious Material in Concrete*. *Journal of King Saud University*, 33, pp.294-307.
- Talib, M.F., 2019. *Pengaruh Pencampuran dan Perawatan Air Laut Pada Paving Block Berbahan Campuran Abu Sekam Padi*. Skripsi. Universitas Sulawesi Barat.
- Tayeh, B.A., Alyousef, R., Alabduljabbar, H. & Alaskar, A., 2021. *Recycling of Rice Husk Waste for Sustainable Concrete: A Critical Review*. *Clean production journal*.
- Thomas, B.S., 2020. *Beton hijau yang sebagian terdiri dari abu sekam padi sebagai bahan tambahan semen – Tinjauan komprehensif*. Elsevier, 82, pp.3913-23.
- Trianto, W., 2021. *Pengaruh Bentuk dan Ukuran Paving Block Terhadap Faktor Koreksi Kuat Tekan*. Balikpapan: Institut Teknologi Kalimantan.
- Wang, J., Xiao, J., Zhang, Z., Han, K., Hu, X., & Jiang, F. 2021. *Action Mechanism of Rice Husk Ash and The Effect on Main Performances of Cement-Based Materials: A Review*. Elsevier. pp.1-15.