

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Paving Block

Paving block adalah salah satu bahan bangunan yang digunakan sebagai lapisan atas struktur jalan selain aspal dan beton. Sekarang ini banyak yang memilih paving block di bandingkan perkerasan lain seperti cor beton maupun aspal. Meningkatnya minat konsumen terhadap paving block karna konstruksi perkerasan paving block rama lingkungan, di mana paving block sangat baik dalam membantu konsevasi air tanah, pelaksanaannya yang lebih cepat, mudah dalam pemasangannya dan pemeliharaannya. Memiliki aneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika, serta harganya mudah di jangkau. Paving block adalah komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu dari paving block tersebut. Pengerasan jalan di komplek perumahan atau kawasan pemukiman, pekarangan rumah dan halaman sekolah (Muhammad Ansessori. 2018)

Menurut SNI 03-0691-1996, Bata beton (paving block) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

2.2 Jenis-Jenis Paving Block

1. Paving block standar SNI mutu A ; merupakan jenis yang paling kuat jika dibandingkan dengan jenis lainnya, karena itu sering digunakan pada bagian struktur konstruksi (jalan).
2. Paving block standar SNI mutu B ; sama seperti mutu A jenis mutu B ini juga berfungsi sebagai bahan elemen yang digunakan untuk bagian struktur konstruksi. Namun kuat tekannya sedikit rendah dari mutu A sehingga biasanya digunakan pada lahan parker.

3. Paving block standar SNI mutu C ; yaitu paving block yang memiliki kuat tekan 150kg/cm^2 . Paving block mutu C ini lebih digunakan pada bagian non-struktur konstruksi.
4. Paving block standar SNI D ; paving block ini yang memiliki kuat tekan paling rendah dibandingkan jenis lainnya yakni 100kg/cm^2 .

2.3 Ukuran paving block

Ukuran paving block mempunyai ukuran tebal nominal 60 mm dengan toleransi 8% (SNI-03-0691-1996)

Tabel 2.1 Kekuatan Fisik Paving Block

MUTU	Kuat tekan (Mpa)		Ketahanan aus (mm/menit)	Penyerapan air rata-rata maks	
	Rata-rata	min		min	%
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,0149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber : SNI-03-0619-1996

Menurut British standar Institution, standar mutu yang harus dipenuhi oleh paving block sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang maksimal, ketebalan paving block bentuk persegi minimal 8 cm.
2. Untuk paving block yang menggunakan profil tali air pada sisi permukaan atas tebal tali air maksimal 7 mm dari sisi dalam dan dari sisi luar paving block.
3. Penyimpangan dimensi paving block yang diijinkan adalah sebagai berikut :
 - a. Panjang ± 2 mm.
 - b. Lebar ± 2 mm.
 - c. Tebal ± 3 mm.

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

Tabel 2.2 Faktor Koreksi Paving Block

Ketebalan (mm)	Faktor koreksi	
	Tali air	Tali air
60-65	1,00	1,06
80	1,12	1,18
100	1,18	1,24

Sumber : British Standar Institution, 1986

2.4 Bentuk Paving Block

Model paving block memiliki macam yang berbeda-beda dan bisa disesuaikan dengan keadaan. Berikut beberapa bentuk atau model paving block.

1. Paving block model bata

Paving block model ini mempunyai bentuk persegi panjang layaknya sebuah batu bata. Karena bentuknya yang sederhana menjadikan pengaplikasian paving block model ini menjadi sangat mudah dan tidak terlalu membutuhkan banyak perhitungan. Ukurannya juga cukup besar yaitu mulai dari $\pm 10,5 \times 21$ cm dan memiliki ketebalan yang bervariasi yaitu 6 cm, 10 cm dan 20 cm.



Gambar 2.1 Bentuk Bata

2. Paving block model uni décor

Paving block jenis ini mempunyai pola yang sangat unik sehingga akan membuatnya terlihat sangat berbeda dari paving block yang lainnya.

Meskipun bentuknya yang sangat unik, paving block ini membutuhkan perhitungan yang tepat agar bisa memasangnya dengan baik.



Gambar 2.2 Model Uni Decor

3. Paving block model segitiga (*trihex*)

Model paving block yang populer selanjutnya adalah paving block model segitiga atau disebut trihex. Paving block ini mempunyai ukuran $\pm 19,6 \text{ cm} \times 9,6 \text{ cm}$ dan mempunyai ketebalan mulai dari 6 cm, 8 cm, dan 10 cm. Bentuknya yang sangat unik ini menjadikan paving block trihex hanya bisa dipasang satu pola saja.



Gambar 2.3 Model Segitiga (Trihex)

4. Paving block model segi enam (*hexagon*)

Paving block ini menjadi sangat populer karena kemudahannya untuk dipasang. Selanjutnya juga, anda bisa membuat pola yang berbeda-beda pada paving block ini.



Gambar 2.4 Model Segienam (Hexsagon)

5. Paving block rumput

Pada umumnya pemasangan paving block kita menginginkan agar rumput tidak tumbuh di sekitar paving block yang dipasang, namun paving block jenis ini sengaja dibuat dengan bentuk yang unik agar bisa ditumbuhi oleh rumput disekitarnya. Paving block jenis ini umumnya dipakai jika ingin membuat sebuah jalan setapak yang menghubungkan rumah dengan halaman belakang rumah.



Gambar 2.5 Model Rumput

2.5 Pola Pemasangan Paving Block

Pola pemasangan paving block yang baik adalah pola pemasangan yang tidak hanya memberikan nilai keindahan atau estetika tetapi juga dapat membuat paving block saling terkunci dengan baik (Kumpulenginer, 2002). Berikut beberapa pola atau motif pemasangan paving block dengan bentuk segi empat atau bentuk bata.

1. Pola susun bata (*streche*)

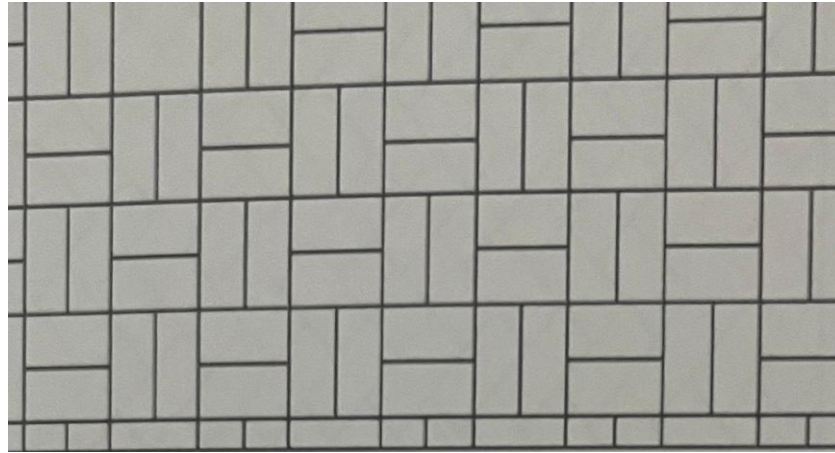
Pola pemasangan paving block susun bata mirip dengan dengan pemasangan batu bata pada dinding bangunan. Paving block disusun sejajar arah horizontal atau secara memanjang. Pola atau motif susun bata ini bisa digunakan untuk pemasangan block pada trotoar, taman, tempat parkir, garasi dan tempat lainnya.



Gambar 2.6 Pola Susun Bata (Streche)

2. Pola anyaman tikar

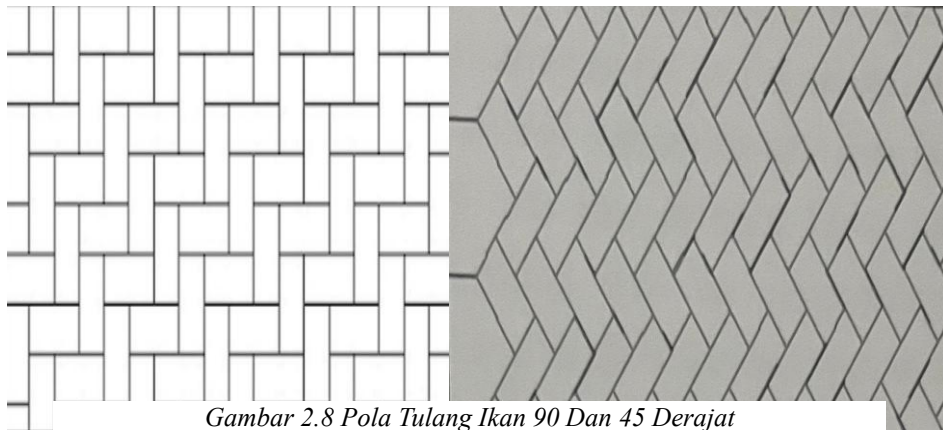
Pola anyaman tikar dibuat dengan menyusun secara selang saling antara dua paving block arah vertical dan dua buah paving block arah horizontal pada setiap barisnya. Pola atau motif anyaman tikar memiliki kekuatan pengunci tingkat menengah atau sedang. Pola ini biasanya digunakan pada trotoar, taman, parkir dan garasi.



Gambar 2.7 Pola Anyaman Tikar

3. Pola tulang ikan

Pemasangan paving block dengan pola atau motif tulang ikan dibagi menjadi dua jenis, yaitu pola tulang ikan 90^0 dan pola tulang ikan 45^0 . Pada pola tulang ikan 90^0 , paving block disusun saling tegak lurus membentuk sudut 90^0 . Sedangkan pola tulang ikan 45^0 , paving block disusun dengan arah diagonal membentuk sudut 45^0 .



Gambar 2.8 Pola Tulang Ikan 90 Dan 45 Derajat

2.6

Material Penyusun Paving Block

2.6.1 Semen Portland

Semen Portland merupakan bahan perekat yang mampu bereaksi saat bereaksi dengan air, membentuk benda padat yang tidak larut dalam air, semen ini banyak digunakan dalam konstruksi bangunan. Semen Portland dibuat dari semen hidrolis yang diperoleh dengan penggilingan klinker, yang sebagian besar terdiri

dari silikat-silikat kalsium bersifat hidrolis, serta ditambahkan bahan untuk mengatur waktu ikat. Secara umum, terdapat empat unsur utama, yaitu :

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau ($3CaO.SiO_2$), merupakan unsur paling utama yang memberikan sifat semen. Saat semen terkena air maka (C_3S) akan mengalami hidrasi dan menyebabkan panas, serta mempengaruhi proses pengerasan semen selama 14 hari pertama.
2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau ($2CaO.SiO_2$), kandungan (C_3S) dan (C_2S) dalam terdapat 70-80% dan merupakan unsur paling utama dalam menghasilkan sifat semen. Unsur (C_2S) dengan reaksi lebih lambat terhadap air dibanding dengan (C_3S). Pengaruh dapat dilihat pada pengerasan semen pada umur 7 hari dan hasil kekuatan akhir. Unsur (C_2S) menghasilkan semen tahan terhadap pengaruh kimia dan mengurangi susut pengeringan.
3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$, yang mengandung sekitar 8-12%, mengalami hidrasi secara eksotermis dan bereaksi dengan cepat, sehingga menghasilkan kekuatan sesudah 24 jam.
4. Tetrakalsium Aluminoferat (C_4AF) memiliki kandungan sebesar 6-10% dan tidak berperan signifikan dalam menentukan kekerasan semen atau beton.

Menurut SNI 15 – 2049 – 2014 berdasarkan tujuan pemakaiannya terdapat 5 jenis semen, yaitu sebagai berikut :

1. Jenis I adalah semen portland yang digunakan untuk keperluan umum tanpa memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain
2. Jenis II adalah semen portland yang pada penggunaannya di perlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III adalah semen portland yang pada penggunaannya di perlukan kekuatan yang tinggi pada tahapan permulaan sesudah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV adalah semen portland yang pada penggunaannya di perlukan kalor hidrasi rendah
5. Jenis V adalah semen portland yang pada penggunaannya di perlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.6.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran agregat yang memiliki ukuran 2 mm – 5 mm sedangkan menurut (SNI 02-6820-2002) agregat halus merupakan butiran agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm. Pada komposisi bahan material agregat halus sering digunakan menjadi bahan pengisi yang bertujuan untuk menambah kekuatan, meminimalkan penyusutan dan mengurangi penggunaan semen.

Menurut SNI 03-6821-2020, secara umum agregat halus memiliki persyaratan yaitu :

1. Agregat halus meliputi butiran-butiran tajam dan keras.
2. Butiran-butiran agregat halus memiliki sifat kekel, berarti tidak pecah maupun hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus tersebut dapat diuji pada larutan jenuh garam, apabila dipakai natrium sulfat maka maksimum bagian yang hancur yaitu 10%.
3. Agregat halus tidak diperbolehkan mengandung lumpur yang lebih dari 5%, apabila agregat halus terdapat kandungan lumpur lebih dari 5% maka agregat tersebut perlu di cuci.

2.6.3 Air

Air memiliki peran penting dalam pembuatan batako, terutama dalam memicu reaksi kimia pada semen, membasahi agregat, serta mempermudah proses pengerjaan. Selain itu, air berfungsi sebagai pelarut semen, sehingga disarankan menggunakan air tawar yang jernih, tidak berbau, dan layak untuk dikonsumsi. Dalam proses pembuatan paving block, air memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

1. Memungkinkan terjadinya proses hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang mengakibatkan campuran tersebut mengeras setelah beberapa waktu.
2. Berfungsi sebagai pelumas dalam campuran agregat dan semen, sehingga mempermudah proses pembuatan paving block.
3. Digunakan untuk merawat paving block selama tahap pengerasan.

2.7 Abu Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan komunitas minyak donia dengan produktivitas lahan yang paling baik dibandingkan minyak nabati lainnya. Sehingga kelapa sawit menjadi pilihan paling sustainable dalam memenuhi kebutuhan minyak

nabati dunia yang semakin bertumbuh (Ashila, 2023). Perkebunan kelapa sawit dilakukan dalam skala besar menghasilkan keuntungan besar sehingga banyak hutan dan perkebunan lama dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia (Fitri & Hamzal, 2019)

Ciri-ciri fisiologi dari pohon kelapa sawit seperti daunnya merupakan daun majemuk, berwarna hijau tua dan pelepah sedikit lebih mudag. Batangnya diselimuti bekas pelepah hingga umur 22 tahun dan setelah 12 tahun pelepah akan mengering dan terjatu dari pohon kelapa sawit. Akar serabut yang mengarah ke bawah dan kesamping kiri kanan. Bunganya terdiri dari bunga jantan dan betina, bunga jantan memiliki bentuk lancip dan panjang sementara bunga betina terlihat lebih besar dan mekar. Buahnya memiliki warna yang bervariasi mulai dari hitam, ungu, hingga merah tergantung dari bibit yang digunakan. Buahnya bergerombol dalam tandan yang muncul pada setiap pelepahnya (Sekretariat Jenderal Perindustrian, 2007)

Buah kelapa sawit adalah hasil utama dari tanaman kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan minyak nabati. Bagian-bagian dari buah kelapa sawit pembungkus daging sawit (inti sawit *endosperm*) terdiri dari 3 lapisan yakni eksokarp (bagian kulit buah berwarna kemerahan dan licin), mesokarp (serabut buah), dan endokarp (cangkang pelindung inti) (Ashila, 2023).



Gambar 2.9 Abu Limbah Kelapa Sawit

Pengelolaan buah kelapa sawit menjadi ekstrak minyak sawit ternyata menghasilkan limbah padat yang sangat banyak seperti serat, cangkang, dan tandan

buah kosong. Cangkang kelapa sawit, merupakan limbah dari pengolahan minyak sawit yang cukup besar. Limbah cangkang kelapa sawit diketahui mencapai 60% dari produksi minyak sawit (Fitri & Hamzal, 2019). Cangkang kelapa sawit biasanya digunakan sebagai bahan bakar pada tungku boiler yang dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) (Chair, 2020). Hasil pembakaran limbah cangkang kelapa sawit menyisakan produk samping seperti abu kerak boiler sekitar 3 sampai dengan 5 ton/minggu. Abu ini biasanya dibuang dekat pabrik pengolahan kelapa sawit sebagai limbah padat dan tidak dimanfaatkan (Herman dan Rolly, 2018). Abu ini memiliki kandungan senyawa kimia yang dapat dilihat pada table 2.3

Tabel 2.3 Kandungan Kimia Abu Cangkang Kelapa Sawit

No	Kandungan	Nilai
1	SiO ₂	89,91%
2	CaCO ₃	2,47%
3	MgCO ₃	0,73%
4	MgCO ₃	0,19%
5	Al ₂ O ₃	0,001%

(Sumber : (Dandi & Nurhidaya, 2022))

2.8 Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan yang akan digunakan dalam campuran batako. Pengujian bahan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-1968-1990)

Pengujian analisa saringan agregat digunakan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan, tujuannya untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran.

2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 1737-1989/ASTM C128)

Pemeriksaan berat jenis agregat halus digunakan untuk menentukan berat jenis agregat halus dan penyerapan agregat halus. Adapun rumus untuk menghitung berat jenis :

- a. *Bulk Spesifik Gravity* = $\frac{A}{B+500-C}$
- b. *Bulk Spesifik Gravity (SSD)* = $\frac{500}{B+A-C}$
- c. *Apparent Spesifik Gravity* = $\frac{A}{B+A-C}$
- d. *Absorption (Penyerapan)* = $\frac{500-A}{A}$

Di mana :

SSD = berat contoh jenuh kering permukaan

A = berat contoh kering

B = berat labu + air temperatur 28°C

C = berat labu + contoh (SSD) + temperatur 28°C

3. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus (SNI 03-4804-1990)

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering. Rumus untuk menghitung kadar air agregat halus :

$$KA_{SSD} = \frac{BP_{SSD} - BK_{Kering}}{BK_{Kering}} \times 100\%$$

Di mana :

KA = Kadar air, %

BP = Berat pasir, gram

BL = Berat lumpur, gram

4. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur terhadap agregat yang digunakan dalam komposisi pembuatan agregat ini berguna untuk mengetahui seberapa banyak lumpur yang terdapat pada suatu agregat yang akan digunakan untuk batako, karena kadar lumpur itu mempengaruhi mutu batako itu sendiri. Pengujian ini menggunakan rumus :

$$KL = \frac{BL}{BP+BL} \times 100\%$$

Di mana :

BP = Berat pasir, gram

BL = Berat lumpur, gram

5. Pemeriksaan Bobot Isi Agregat (SNI 03-4804-1998)

Pemeriksaan bobot isi dimaksudkan untuk menentukan isi atau bobot isi agregat dalam kondisi lepas dan padat. Pengujian ini menggunakan rumus :

a. Berat Isi Lepas = $\frac{B-A}{V}$

b. Berat Isi Padat = $\frac{B-A}{V}$

Di mana:

A = Berat *container* (gram)

B = Berat *container* + Isi (gram)

V = Volume *container* (cm³)

2.9 Kuat Tekan paving block

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

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

f_c = Kuat tekan paving block (kg/cm²)

P = Beban (kg).

A = Luas penampang benda uji (cm²)

2.10 Daya Serap Air paving block

Daya serap air merupakan salah satu sifat penting dalam menilai kualitas paving block. Sifat ini menunjukkan kemampuan paving block dalam menyerap air ketika terkena kelembaban atau hujan. Paving block dengan daya serap air yang tinggi lebih mudah menyerap air dari lingkungan sekitar, yang dapat menyebabkan kerusakan akibat kelembaban berlebih serta mengurangi daya tahan material.

Porositas paving block dipengaruhi oleh pencampuran kualitas bahan baku serta proses pengeringan. Jika paving block tidak dipadatkan dengan baik saat

mencetak, pori-pori yang terbentuk cenderung lebih besar, sehingga meningkatkan kemampuan material dalam menyerap udara. Daya serap air yang tinggi dapat berdampak negatif pada struktur bangunan, terutama di wilayah dengan curah hujan yang tinggi. Untuk mengatasi hal ini, beberapa langkah dapat dilakukan, seperti melapisi permukaan batako dengan bahan anti-air atau menambahkan aditif yang dapat menurunkan porositas paving block. Berdasarkan SNI 03-0692-1996 besarnya penyerapan air pada paving block dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat basah (direndam) paving block kg

B = Berat Kering (diproven) paving block kg

2.11 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan limbah, sebagai berikut :

1. (Rolan, Siregar & Ady, Anggoro & Asyari, Daryus & Yefri, Chan & Husen, Asbanu & Nurhasanah, 2020).

Penelitian ini berperan penting dalam mengeurangi dampak buruk dampak buruk tersebut melalui pengelolaan sampah plastik menjadi paving block. Tujuan khusus dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui lama pemanasan plastik yang paling optimal dalam sebuah mesin cetak paving block dan untuk mengetahui nilai tegangan tekan (compressive stress) pada paving block yang dihasilkan tersebut. Paving block yang dibuat sesuai dengan standar SNI yaitu tipe grass lubang lima dengan ukuran panjang 40 cm, dan tebal 8 cm. Secara keseluruhan metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dikerjakan dengan tahapan yang sistematis. Dari hasil penelitian diperoleh lama pemanasan yang paling optimal adalah 40 menit dan nilai compressive stress adalah 18,84 Mpa. Berdasarkan standar SNI tegangan tekan paving block

adalah antara 9,8 sampai dengan 39,2 Mpa, maka paving block yang dicetak tersebut sudah berada dalam rentang aman.

2. . Studi Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit terhadap Kuat Tekan Paving Block (Harahap et al., 2023)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan paving block. Variasi campuran yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% abu cangkang kelapa sawit dari berat semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan abu cangkang kelapa sawit mampu meningkatkan kuat tekan paving block hingga kadar tertentu. Nilai kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari untuk paving block normal sebesar 21,5 MPa, dengan penambahan 5% sebesar 23,8 MPa, 10% sebesar 25,1 MPa, dan 15% sebesar 22,7 MPa. Kadar optimum diperoleh pada 10% abu cangkang kelapa sawit, yang memenuhi standar mutu SNI 03-0691-1996 untuk kelas B

3. Studi Pemanfaatan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Beton(Dandi et al., 2022)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan beton pada berbagai variasi campuran serta melihat efektivitas penggunaannya dalam meningkatkan mutu beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu cangkang kelapa sawit berpotensi meningkatkan kualitas beton. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari untuk beton normal sebesar 168,73 kg/cm², beton dengan 6% abu cangkang kelapa sawit sebesar 173,00 kg/cm², beton dengan 12% sebesar 140,90 kg/cm², dan beton dengan 18% sebesar 198,30 kg/cm². Dari hasil tersebut, campuran dengan 18% abu menunjukkan peningkatan kuat tekan signifikan dibanding beton normal, meskipun belum mencapai target kuat tekan rencana

4.Pengaruh Penggunaan Abu Kelapa Sawit terhadap Sifat Mekanik Paving Block (Ade Sonia, 2024)

Penelitian ini mengkaji pemanfaatan abu kelapa sawit sebagai bahan substitusi sebagian semen dalam pembuatan paving block. Variasi campuran yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Berdasarkan hasil uji kuat tekan 28 hari, diperoleh nilai berturut-turut sebesar 19,2 MPa, 22,5 MPa, 24,1 MPa, dan 21,0 MPa. Nilai optimum terdapat pada kadar 10% abu kelapa sawit, di mana kuat tekan meningkat sebesar 25% dibanding paving block normal. Selain itu, penyerapan air menurun dari 6,8% menjadi 5,2%, menunjukkan peningkatan kerapatan material.

5. Pengaruh Penggunaan Abu Boiler Kelapa Sawit sebagai Substitusi Semen pada Paving Block (Lee et al., 2023)

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja paving block yang menggunakan abu boiler kelapa sawit (Palm Oil Boiler Ash/POBA) sebagai bahan pengganti semen. Variasi campuran abu sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20% diuji terhadap kuat tekan, densitas, dan daya serap air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan abu boiler hingga 15% menghasilkan kuat tekan rata-rata 24,6 MPa, lebih tinggi dari kontrol sebesar 22,1 MPa, sementara penambahan hingga 20% menurunkan kekuatan menjadi 19,8 MPa. Selain itu, daya serap air menurun sebesar 8% pada kadar optimum 15%.

6. Pemanfaatan Abu Cangkang Kelapa Sawit pada Beton Ramah Lingkungan (Amran et al., 2021)

Penelitian ini merupakan studi literatur dan eksperimen yang memanfaatkan abu cangkang kelapa sawit (Palm Oil Fuel Ash/POFA) sebagai pengganti semen untuk meningkatkan keberlanjutan bahan bangunan. Variasi penggantian 5%, 10%, 15%, dan 20% diuji pada beton konvensional. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan POFA hingga 15% dapat meningkatkan kuat tekan hingga 7–12% dibanding kontrol pada umur 28 hari. Selain itu, beton dengan POFA menunjukkan penurunan porositas dan peningkatan ketahanan terhadap serangan sulfat. Campuran dengan 10–15% POFA dinyatakan paling efisien secara mekanik dan ekonomis.

7. Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Daya Serap dan Kuat Tekan Paving Block(Busari et al., 2024)

Penelitian ini meneliti pengaruh abu cangkang sawit terhadap karakteristik fisik paving block dengan variasi penggantian 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum dicapai pada campuran 10% abu cangkang sawit dengan nilai 23,9 MPa, sedangkan penyerapan air menurun dari 7,4% menjadi 5,8% dibanding kontrol. Hal ini membuktikan bahwa abu sawit mampu meningkatkan densitas dan ketahanan paving block terhadap air.

8.Pengaruh Nano Abu Kelapa Sawit (Nano-POFA) terhadap Kinerja Beton Paving (Dasar et al., 2025)

Penelitian ini menggunakan nano palm oil fuel ash (NPOFA) sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan paving block. Variasi campuran 0%, 5%, dan 10% diuji terhadap kuat tekan dan ketahanan aus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa paving block dengan 10% NPOFA mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 18% dibanding campuran kontrol, serta memiliki ketahanan aus yang lebih baik sebesar 12%. Hal ini disebabkan ukuran partikel nano yang memperbaiki mikrostruktur matriks semen.