

# ANALISA MORTAR DENGAN SUBSTITUSI AGREGAT ABU KERAK BOILER TERHADAP KUAT TEKAN PADA PAVING BLOCK

<sup>1)</sup>Muhammad Irwansyah, <sup>2)</sup>Neni Mariani, <sup>3)</sup>Teuku Farizal

<sup>1,2</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas Asahan, Jalan Jend. Ahmad Yani, Kisaran Naga, Kec. Kota Kisaran Timur, Kisaran, Sumatera Utara 21216, Indonesia

<sup>3</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar, Meulaboh, Aceh Barat

e-mail: iwandevi1982@gmail.com, neny.purba24@gmail.com, teukufarizal@utu.ac.id

## Abstrak

Mortar adalah campuran air, agregat halus, semen portland atau bahan perekat hidraulis lainnya, dan bahan tambahan lainnya yang meningkatkan mutu mortar. Permukaan tanah seperti trotoar, halaman, parkir, dan pengerasan jalan kelas ringan ditutup oleh block paving. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana penggantian pasir mempengaruhi mutu kuat tekan mortar yang akan dicampur dengan abu kerak boiler. Eksperimen dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Asahan untuk menggunakan komposisi penggantian pasir yang mengandung abu kerak boiler sebanyak sepuluh, tiga puluh, dan lima puluh persen dari berat pasir. Sebagai sample, benda uji paving block segi enam standar dengan ketebalan 8 cm digunakan. Sembilan sampel total, tiga untuk setiap variasi dan tiga untuk masing-masing variasi. Setelah mendapatkan perawatan sebelum pengujian, sampel diuji pada umur 28 hari. Menurut penelitian, campuran mortar penggantian pasir dengan abu kerak boiler 50% memiliki kekuatan tekan tertinggi sebesar 12,78 MPa pada umur beton 28 hari, sedangkan campuran mortar dengan abu kerak boiler 10% memiliki kekuatan tekan terendah sebesar 8,15 MPa.

**Kata kunci** mortar, abu kerak boiler, kuat tekan, paving block

## Abstract

Mortar is a mixture of water, fine aggregate, portland cement or other hydraulic adhesive materials, and other additives that improve the quality of mortar. Ground surfaces such as sidewalks, yards, parking, and light paving are covered by block paving. The purpose of this study was to find out how the replacement of sand affects the quality of compressive strength of mortar to be mixed with boiler scale ash. Experiments were conducted at the Civil Engineering Laboratory of Asahan University to use a composition of replacing sand containing boiler scale ash as much as ten, thirty, and fifty per cent of the weight of sand. As a sample, a standard hexagon paving block test specimen with a thickness of 8 cm is used. Nine samples total, three for each variation and three for each variation. After receiving treatment before testing, the sample was tested at 28 days of age. According to the study, the mixture of sand replacement mortar with 50% boiler scale ash has the highest compressive strength of 12.78 MPa at 28 days of concrete life, while the mortar mixture with 10% boiler scale ash has the lowest compressive strength of 8.15 MPa.

**Keywords** mortar, boiler scale ash, compressive strength, paving block

## 1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit adalah salah satu komoditas yang tumbuh setiap tahun di Indonesia. Selama produksi CPO, jumlah limbah yang dihasilkan dari mesin boiler listrik yang membakar cangkang dan serat sawit telah meningkat [1]. Untuk menghindari pencemaran lingkungan, limbah abu boiler harus digunakan dengan benar [2]. Salah satu cara untuk mengurangi limbah abu boiler adalah dengan menggunakan abu boiler sebagai bahan baku beton [3]. Abu boiler memiliki sifat yang mirip dengan pasir, tetapi karena partikelnya yang lebih halus, ia dapat berfungsi sebagai pengganti pasir untuk beberapa tujuan [4]. Abu kerak boiler digunakan sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton setelah proses pembakaran 75 % *fibre* dan 25 % cangkang [3] kandungan  $\text{SiO}_2$  pada pasir mencapai 90 % [5].

Persentase abu kerak boiler sebagai pengganti pasir dalam campuran beton menurunkan kuat tekan beton [6]. Kuat tekan beton menurun seiring meningkatnya persen abu cangkang kelapa sawit yang digunakan [7]. Perawatan benda uji dan penggunaan varian substitusi pada beton mutu tinggi memiliki pengaruh terhadap kuat tekan [8]. Semakin tinggi kadar senyawa  $\text{SiO}_2$  dalam *paving block*, semakin lemah kuat tekannya dan semakin besar daya serap airnya [9]. Dengan menggunakan abu sabut kelapa sawit, kuat tekan maksimum untuk *paving block* biasa meningkat 9,25% dengan variasi 10% [10]. Menurut [11] “*abu kerak boiler cangkang kelapa sawit memiliki unsur kimia  $\text{SiO}_2$  sebanyak 29,9%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebanyak 1,9% dan  $\text{CaO}$  26,9%*”. Abu kerak boiler dapat digunakan sebagai pengganti pasir saat membuat beton karena mengandung bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan beton [6].

Hasil uji laboratorium limbah kelapa sawit menunjukkan bahwa untuk analisis saringan, berat jenis, dan penyerapan memenuhi standar SNI [12]. Ini berarti bahwa limbah kelapa sawit dapat digunakan sebagai pengganti agregat dengan jumlah abu boiler kelapa sawit tidak lebih dari 10% dan cangkang kelapa sawit tidak lebih dari 30%. [13]. Oleh karena itu, penelitian ini akan melihat bagaimana abu kerak boiler dapat digunakan sebagai pengganti pasir secara parsial dalam pembuatan mortar. *Paving block* terbaik diperoleh dari perlakuan 1:1 dengan daya serap 19,73% dan kuat tekan 5,7 Mpa [14].

## 2. METODE PENELITIAN

Bagian metodologi sangat rinci tentang populasi, desain, sampel, teknik pengambilan sampel, operasi penelitian, parameter yang diamati, dan analisis teknis. Menulis menggunakan teknik naratif menyoroti pentingnya metodologi penelitian. Tidak perlu memasukkan manual, instruksi, atau manual teknis ke dalam proses penelitian yang terlalu rinci. Penelitian dapat diterapkan dalam tiga cara berbeda. Pada awalnya, bahan, produksi, dan perawatan diperiksa; Laboratorium Teknik Sipil Universitas Asahan melakukan penelitian ini. Untuk penyelidikan ini, akan dibangun pavement block berbentuk segi enam dengan dimensi 16 x 16 x 8 cm. Pada paving block akan dicampur dalam berbagai rasio, dimulai dengan 10%, 30%, dan 50% boiler ash. Untuk setiap pencampuran, maksimal tiga item uji akan dibuat. dan akan menjalani pengujian selama total 28 hari

### 1. Teknik Pengumpulan Data

#### a. Pemeriksaan Fisik Material

Sebelum objek uji dibuat, bahan yang membentuk paving block diperiksa secara fisik. Menentukan persyaratan material untuk campuran mortar adalah tujuan dari evaluasi fisik zat ini. Material yang digunakan adalah semen tiga roda merk Portland Type I, air, pasir, dan boiler scale ash. Ujian yang diberikan terdiri dari.

1. Pengujian agregat halus berat jenis dan penyerapan
  2. Berat isi dan porositas
  3. Kadar air agregat halus
  4. Kadar lumpur
-

5. Analisa ayakan agregat halus
6. Berat jenis SSD abu kerak boiler
7. Analisa ayakan abu kerak boiler

#### **b. Variasi Benda Uji**

Dalam penelitian ini, komponen dari campuran abu boiler digunakan untuk mengubah komposisi campuran dan meningkatkan kekuatan tekan *paving block*. Ada tiga jenis item tes yang perlu dibangun. Kekuatan tekan paving block yang berumur 28 hari dinilai untuk masing-masing dari tiga kategori objek uji. Dimensi spesimen uji heksagonal yang digunakan adalah 16 cm x 16 cm x 8 cm.

#### **c. Pembuatan Benda Uji**

Objek uji dibuat setelah komponen *paving block* diperiksa dan komposisinya ditentukan. Pada awalnya, campur semen, pasir, dan abu boiler sesuai dengan rasio yang diberikan; Tambahkan air seperlunya. Setelah mortar dituang secara merata ke dalam cetakan berbentuk segi enam berukuran 16 cm kali 16 cm kali 8 cm. Setelah dicetak, *paving block* dikeringkan oleh angin di bawah sinar matahari. Kemudian, untuk menjaga panas dan menghentikan *paving block* agar tidak retak, rendam dalam bak perendaman. Selanjutnya, rendam batu paving untuk terus merawatnya. Pemeliharaan dilakukan hingga proyeksi umur *paving block* selama 28 hari.



Gambar 1 Sampel Benda Uji

#### **d. Variasi Benda Uji**

Setelah usia benda uji mencapai umur yang ditentukan, yaitu 28 hari kemudian dilakukan pengujian. Dua hari sebelum pengujian, benda uji diangkat dari bak perendaman untuk dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Kemudian paving block diangkat dan ditempatkan secara sentries, setelah kering paving block diletakan pada mesin penguji yaitu UTM (*Universal Testing Machine*). Setelah semuanya selesai, maka dimulai pembebanan pada paving block yang akan diuji. Selama pengujian, dicatat besarnya kuat tekan pada paving block. Pengamatan dilakukan sampai benda uji hancur. Hasil pencatatan besarnya kuat tekan kemudian dibuat dalam suatu tabel yang kemudian digambarkan dalam suatu grafik. Rumus yang akan digunakan untuk mencari kuat tekan pada paving block adalah :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

P = beban tekan (N)

A = luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)



Gambar 2 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

**e. Variasi Benda Uji**

Tes selesai, dan kemudian temuan diperiksa. Setelah dimasukkan ke dalam tabel, data penelitian ditampilkan pada grafik. Besarnya penambahan abu boiler mempengaruhi kuat tekan paving block kemudian dapat dipastikan dengan membandingkan hasil pengujian dan menghitung nilai kuat tekan rata-rata antara penyesuaian yang dilakukan pada spesimen uji. Paving block akan dibuat dengan menggunakan rasio sebagai berikut:

Tabel 1. Persentase abu kerak boiler berdasarkan umur beton

No	% Komposisi Bahan Abu Kerak Boiler	Jumlah Benda Uji Umur Paving Block 28	Total
1	10%	3	
2	30%	3	9
3	50%	3	

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

*3.1 Pengujian Agregat Halus Berat Jenis dan penyerapan*

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan yang dilakukan dapat diketahui pada Tabel 2 yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil uji berat jenis dan penyerapan air pada material agregat halus.

Uraian	Kode	Pengujian		Rata-rata
		I (gr)	II (gr)	
Berat Picnometer	$a' = c - b'$	250	250	250
Berat Air (Kalibrasi)	$b' = c - a'$	510	470	490
Berat Contoh SSD	A	500	500	500
Berat Contoh Kering Oven	B	489	491	490
Berat Picnometer + Air (Kalibrasi)	C	760	720	740
Berat Picnometer + Air (Non Kalibrasi) + Contoh SSD	D	1060	1020	1040
Berat Jenis Bulk	$\frac{b}{c + a - d}$	2,45	2,46	2,45
Berat Jenis SSD	$\frac{a}{c + a - d}$	2,50	2,50	2,50
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{c + b - d}{a - b \times 100\%}$	2,65	2,62	2,63
Penyerapan Air (Absorption)	$\frac{b}{a - b \times 100\%}$	2,25	1,83	2,04

Dimungkinkan untuk mengklasifikasikan berat jenis SSD rata-rata 2,5 sebagai agregat normal karena berada di antara batas yang diizinkan 2,2 hingga 2,7 (SNI 03-1970-90) dan ASTM C 29M – 91a. Menurut hasil pengujian, 2,04% air diserap; Jumlah maksimum yang bisa diserap adalah

3%. Grafik ini menunjukkan kapasitas menyerap air pada 2,04% dari berat kering agregat, dari keadaan benar-benar kering hingga permukaan kering jenuh.

### 3.2 Berat Isi dan Porpsitas

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapat hasil berat isi (lepas) pada Tabel 3 yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil uji berat isi (lepas) dan porositas pada material agregat halus

Uraian	Kode	Pengujian Sampel		Rata-rata
		I (kg/cm <sup>2</sup> )	II (kg/cm <sup>2</sup> )	
Berat Silinder	a' = a	8,39	8,92	8,65
Berat Silinder + Sampel	b' = (a + b)	15,62	16,23	15,92
Berat Sampel	c' = (b' - a')	7,23	7,31	7,27
Volume Silinder	d' = (π. r <sup>2</sup> . t)	0,0053	0,0053	0,0053
Berat Isi Sampel	e' = (c' / d')	1,364	1,379	1,371
<b>Berat Rata-rata Isi Sampel</b>				<b>1,3 (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Wb (Berat Agregat Pas Rata-rata)	= 7,277 kg.			
V (Volume Silinder)	= 0,0053 cm <sup>3</sup> .			
Sbj (Berat Jenis Bulk)	= 2,45 gr/cm <sup>3</sup>			
M (Berat Isi Lepas Rata-rata)	= 1,371 gr/cm <sup>3</sup> .			
W (density air)	= 0,998 gr/cm <sup>3</sup> .			
Voids (Lepas)	= 43,69 %			

Dari hasil pengujian berat isi agregat halus didapat berat isi lepas sebesar 1,371 gr/cm<sup>3</sup>, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup> dan nilai voids yang didapat 43,69%.

### 3.3 Berat Isi dan Porpsitas

Dari hasil pengujian kaadar air yang didapat pada agregat halus pada Tabel 4 yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Air Pada Material Agregat Halus

Uraian	Kode	Pengujian Sampel		Rata-rata
		I (gr)	II (gr)	
Berat Cawan	a' = a	145	125	135
Berat Cawan + sampel	b' = (a + b)	645	625	635
Berat Sampel	c' = (b' - a')	500	500	500
Berat Sampel Kering + Cawan	d' = d	570,3	580,5	575,4
Berat Sampel Kering	e' = (d' - a')	425,3	455,5	440.4
Kadar Air	$\frac{c' - e}{c'} \times 100\%$	17,5%	9.8%	13.67%
<b>Kadar air Rata-rata</b>				<b>13,67%</b>

Dari hasil pengujian kadar air didapat nilai rata-rata 13,67% nilai ini lebih besar dari nilai penyerapan air yaitu 2,035%. Dalam hal ini dikarenakan agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai SSD maka air dalam campuran paving block harus dikurangi sebesar (13,67% - 2,035%) = 11.635% dari berat agregat halus.

### 3.4 Kadar Lumpur

Dari hasil pengujian kadar lumpur yang didapat pada agregat halus pada Tabel 5 yaitu sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Kadar Lumpur Pada material Agregat Halus

Uraian	Kode	Pengujian Sampel	
		I (gr)	II (gr)
Berat Cawan	$a' = a$	144	144
Berat Agregat Kering (semula) + cawan	$b' = (a + b)$	644	644
Berat Agregat Kering (semula) (A)	$c' = (b' - a')$	500	500
Berat Agregat Kering (akhir) + Cawan	$d' = d$	593	589
Berat Agregat Kering (Akhir) (B)	$e' = (d' - a')$	449	445
Kadar Lumpur	$\frac{(c' - e')}{c'} \times 100\%$	10,2%	11%
<b>Kadar Lumpur Rata-rata (%)</b>		<b>10,6%</b>	

Dari hasil Pengujian Kadar lumpur didapat prosentase kadar lumpur rata-rata 10,6%. Nilai ini tidak sesuai dengan kadar lumpur yang diizinkan yaitu maksimal 5% ( SK SNI S-04-1989-F) sehingga agregat halus harus dicuci terlebih dahulu sebelum melakukan proses pengadukan *Mix Design* pada *paving block*.

### 3.5 Analisa Ayakan Agregat Halus

Dari hasil pengujian analisa ayakan pada Tabel 6 yaitu sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Analisa Ayakan Pada Material Agregat Halus

No Saringan	Lubang Saringan (mm)	Pengujian Sampel		Rata-rata			ASTM C33
		I	II	%			
		Berat	Berat	Tertahan	Kumulatif	Lolos	
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100-100
4"	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	100	95-100
8"	2,36	8,3	8,9	1,72	1,72	98,28	80-100
16"	1,18	70,5	71,3	14,18	15,9	84,1	50-85
30"	0,600	175.1	176.2	35.13	51.03	48.97	25-60
50"	0,300	192.1	195.4	38,75	89.78	10.22	10-30
100"	0,150	45.8	40.6	8.64	98.42	1.58	0-10
200"	0,075	6.1	5.9	1.2	99.62	0.38	0-5
Pan		2,1	1.7	0,38	100	0	
<b>Berat Keseluruhan Sampel = 500 / 500</b>				<b>MHB = 3.5</b>			

Dari hasil pengujian analisa ayakan agregat halus pasir sungai Desa Tanjung Alam, didapat Modulus Kehalusan Butir (MHB) yaitu sebesar 3.5 % (kasar). Nilai ini masih dalam batasan yang diijikan yaitu 1,5% - 3,8% (Menurut SK SNI S-04-1989-F) dan ASTM 2,3 – 3,0%, agregat tersebut berada di zona III karena termasuk pasir kasar.

Keterangan:

1. Zona I ( pasir halus) : m.h.b 2.20 – 2.60
2. Zona II ( pasir sedang) : m.h.b 2.60 - 2.90
3. Zona III ( pasir kasar) : m.h.b 2.90 – 3.80

### 3.6 Berat Jenis SSD (Satured Surface Day/Kering Permukaan) Abu Kerak Boiler

Tabel 7. Hasil uji berat jenis SSD

Uraian	Kode	Pengujian		Rata-rata
		I (gr)	II (gr)	
Berat Picnometer	A	212	212	212
Berat Picnometer + AKB	C	262	262	262

Berat Abu Kerak Boiler	E	50	50	50
Berat Picnometer + Air	B	395	384	389,5
Berat Picnometer + AKB + Air	d	445	434	439,5
Berat Jenis SSD %	$\frac{e}{(b - a) - (d - c)}$	1,50%	1,52%	1,51%
<b>Berat Jenis Rata-rata (%)</b>				<b>1,51%</b>

Dari hasil pengujian berat jenis SSD abu kerak boiler didapat berat jenis SSD yaitu sebesar 1,51%, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan pengurangan sebagian pasir dalam campuran *paving block*

### 3.7 Analisa Ayakan Abu Kerak Boiler

Tabel 8. Hasil uji analisa ayakan pada abu kerak boiler

No Saringan	Lubang Saringan (mm)	Pengujian Sampel		Rata-rata			Spec U5 II MK Sedang
		I	II	% Tertahan	% Komulatif	% Lolos	
		Berat	Berat				
4"	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100-100
8"	2,36	0,00	0,00	0,00	0,00	100	95-100
16"	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	100	80-100
30"	0,600	13,2	19,7	3,29	3,29	96,71	50-85
50"	0,300	62,3	57,3	11,96	15,25	84,75	25-60
100"	0,150	115,6	120,1	23,57	38,82	61,18	10-30
200"	0,075	147,4	143,7	29,11	67,93	32,07	2-10
<b>Pan</b>		<b>156,8</b>	<b>153,2</b>	<b>31</b>	<b>98,93</b>	<b>1,07</b>	<b>0-10</b>
<b>Berat Keseluruhan Sampel = 500 / 500</b>				<b>MHB = 1.25</b>			

Dari hasil pengujian analisa ayakan abu kerak boiler, didapat Modulus Kehalusan Butir (MHB) yaitu sebesar 1.25% (sangat halus). Abu sekam padi memiliki nilai Modulus Kehalusan Butiran yang sangat halus yang sama seperti butiran semen Portland. Hal ini dikarenakan berbentuk abu dengan nilai Modulus Halus Butirnya sebesar < 1,5% sedangkan modulus kehalusan butir Abu kerak boiler yang diteliti sebesar 1.25% (halus). Nilai ini kurang dari modulus kehalusan yang diijinkan yaitu sebesar 1,5 – 3,8 ( Menurut SK SNI S-04-1989-F).

### 3.8 Pengujian Paving Block

Uji kuat tekan *paving block* adalah maksimal *paving block* dalam menerima beban. Sehingga nantinya akan diketahui mutu yang dihasilkan dari setiap sampel *paving block*. pembebanan pada sampel yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan menahan beban.

Tabel 9. Uji kuat tekan *paving block* AKB 10% Umur 28 Hari

No	% Komposisi Bahan	Umur (Hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (kN)	Tekan	Tegangan	Mutu
					Hancur (kg)	Hancur (Kg/cm <sup>2</sup> )	fc' (Mpa)
	Abu Kerak Boiler						
1	2	4	5	6	7	8	9
						((6*A)/B)	(8 / C)
1.	10%	28	2,15	273	27.846	139,23	11.13
2.	10%	28	2,21	313	31.926	159.63	12.77
3.	10%	28	2,11	413	42.126	210,63	16.85
Rata-rata			12.07	333	33.966	169.83	13.58

Keterangan:

- A = 1 kN (102 kg)
- B = Luas Bidang tekan ( 200.00 cm )
- C = 1 Mpa ( 12.5 kg )

Dimana pada tabel diatas kuat tekan rata-rata *paving block* AKB ( abu kerak boiler) 10%, pada umur 28 hari dengan rata-rata mencapai 13,58 Mpa.

Tabel 10. Uji Kuat Tekan Paving Block AKB 30% Umur 28 Hari

No	% Komposisi Bahan	Umur (Hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (kN)	Tekan	Tegangan	Mutu
					Hancur (kg)	Hancur (Kg/cm <sup>2</sup> )	fc' (Mpa)
1	2	4	5	6	7	8	9
					((6*A)/B)		(8 /C)
1.	30%	28	2,11	452	46.104	230.52	18,33
2.	30%	28	2,13	296	30.192	150.96	12.07
3.	30%	28	2,07	428	43.656	218.28	17.46
Rata-rata			2,1	392	39.984	199.92	15.95

Keterangan:

- A = 1 kN (102 kg)
- B = Luas Bidang tekan ( 200.00 cm )
- C = 1 Mpa ( 12.5 kg )

Dimana pada tabel diatas kuat tekan rata-rata *paving block* AKB (abu kerak boiler) 30 %, pada umur 28 hari dengan rata-rata mencapai 15.95 Mpa.

Tabel 11. Uji kuat tekan *paving block* akb 50% umur 28 hari

No	% Komposisi Bahan	Umur (Hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (kN)	Tekan	Tegangan	Mutu
					Hancur (kg)	Hancur (Kg/cm <sup>2</sup> )	fc' (Mpa)
1	2	4	5	6	7	8	9
					((6*A)/B)		(8 /C)
1.	50%	28	2,19	743	75.786	378	30.24
2.	50%	28	2,18	403	41.106	205.5	16.44
3.	50%	28	2,19	423	43.146	215.7	17.25
Rata-rata			2.18	523	53,346	266.4	21,31

Keterangan:

- A = 1 kN (102 kg)
- B = Luas Bidang tekan ( 200.00 cm )
- C = 1 Mpa (12.5 kg )

Dimana pada tabel diatas kuat tekan rata-rata *paving block* AKB ( abu kerak boiler) 50 %, pada umur 28 hari dengan rata-rata mencapai 21,31 Mpa. Pada pengujian benda uji *paving block*, kuat tekan mortar maksimum yang diterima *paving block* adalah komposisi abu kerak boiler 50% dengan rata-rata 21,31 Mpa, dan pengujian benda uji *paving block* kuat tekan mortar minimal yang diterima *paving block* komposisi abu kerak boiler 10% dengan rata-rata adalah 13,58 Mpa. Nilai faktor konversi akan dihitung untuk mengetahui kuat tekan sebenarnya dari paving blok atau bata beton berdasarkan hasil uji tekan *paving blok*.

Tabel 12. Rekap hasil uji kuat tekan *paving block* masing-masing proporsi

No	Umur (Hari)	Variasi Campuran	Nilai Kuat Tekan Beton (Mpa)			Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
			I	II	III	
1	28 Hari	AKB 10 %	11,13	12.77	16.85	13.58
2		AKB 30 %	18.33	12.07	17.46	15.95
3		AKB 50 %	30.24	16.44	17.25	21.31

Faktor konversi (FK) = kuat tekan *paving-block*. Untuk mendapatkan hasil kuat tekan pengujian *paving-block* secara langsung adalah = Hasil uji langsung benda uji *paving block* x faktor konversi [15]. Perhitungan Nilai Uji Tekan *paving block* Nilai kuat tekan = 21,31 Mpa untuk AKB 10% maka kekuatan *paving block* adalah 21,31 Mpa \* 0,6 = 12, 78 Mpa. Nilai kuat tekan = 15,95 Mpa untuk AKB 30% maka kekuatan *paving block* adalah 15,95 Mpa \* 0,6 = 9,57 Mpa dan Nilai kuat tekan = 13,58 Mpa untuk AKB 50% maka kekuatan *paving block* adalah 13,58 Mpa \* 0,6 = 8,15 Mpa.

Tanpa faktor konversi, nilainya terlihat lebih besar, tetapi sebenarnya lebih kecil. Ini menimbulkan kekhawatiran karena, meskipun tampaknya dicakup oleh standar teknis material, itu tidak benar-benar.

#### 4. KESIMPULAN

Penambahan abu kerak boiler sebagai pengurangan agregat halus terhadap kuat tekan *paving block* untuk proporsi 10 % penggunaan abu kerak boiler menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 8,15 Mpa, pada penggunaan proporsi 30 % abu kerak boiler menghasilkan kuat tekan 9,57 Mpa sedangkan pada proporsi 50 % menghasilkan kuat tekan 12.78 Mpa sesuai hasil nilai faktor konversi. Penambahan proporsi abu kerak boiler dapat meningkatkan kuat tekan *paving block* yaitu sebesar 12,78 Mpa. Bahwa penambahan abu kerak boiler dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* dan dapat mengurangi jumlah pemakaian agregat halus

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Hidayat, A. Hasibuan, B. Harahap, and S. P. Nasution, "Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pupuk di PT Karya Hevea Indonesia," *Fact. J. Ind. Manaj. dan Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 52–58, 2022, doi: 10.56211/factory.v1i2.172.
- [2] S. M. Sopa, R. Fajarfika, D. Nurdiana, and A. Y. Rismayanti, "Pemberian berbagai dosis kompos tandan kosong dan Abu boiler limbah kelapa sawit terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.)," *JAGROS J. Agroteknologi dan Sains (Journal Agrotechnology Sci.*, vol. 6, no. 1, p. 12, 2022, doi: 10.52434/jagros.v6i1.1616.
- [3] S. Satriani, S. Permatasari, and S. Agustina, "Studi pemanfaatan limbah abu kerak boiler terhadap kualitas bata beton," *TAPAK (Teknologi Apl. Konstr. J. Progr. Stud. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 1, p. 94, 2022, doi: 10.24127/tp.v12i1.2326.
- [4] E. Prianti, M. B. Malino, and B. P. Lapanporo, "Pemanfaatan abu kerak boiler hasil pembakaran limbah kelapa sawit sebagai pengganti parsial pasir pada pembuatan beton," *Positron*, vol. 5, no. 1, pp. 26–29, 2015, doi: 10.26418/positron.v5i1.9744.
- [5] F. Zulkarnain and M. Y. Chair, "Penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan bahan tambah silica gel ditinjau dari kekuatan tarik belah beton silinder," *J. Pendidik. Tek.*

- 
- Bangunan dan Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 51–58, 2022, doi: 10.24114/ebjptbs.v8i2DES.41867.
- [6] M. Irwansyah and A. T. Sihombing, “Analisa penggunaan paving block sebagai pengganti aspal beton pada lapisan permukaan jalan dengan menggunakan abu Kerak boiler,” in *prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Asaha*, 2020, no. September, pp. 843–850. [Online]. Available: <http://jurnal.una.ac.id/index.php/semnasmudi/article/view/1604/1320>
- [7] M. Lerry, E. Elhusna, and Y. Afrizal, “Perilaku kuat tekan beton dengan abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen,” *J. Inersia*, vol. 4, no. 2, p. 43, 2012, doi: <https://doi.org/10.33369/ijts.4.2.43-50>.
- [8] C. Pazlan, T. Budi Aulia, and P. Hasibuan, “Pengaruh substitusi aditif dan agregat terhadap kuat tekan beton mutu tinggi yang direndam pada air asin,” *J. Civ. Eng. Student*, vol. 1, no. 3, pp. 57–63, 2019, [Online]. Available: <https://jim.usk.ac.id/CES/article/view/8984/5776>
- [9] H. Heriyanti, L. Marlinda, S. Sutrisno, R. Rahmi, and R. Hanifah, “Paving block from residue of PS/LDPE/PP plastic pyrolysis mixed with palm oil bottom ash (POBA),” *IPTEK J. Technol. Sci.*, vol. 33, no. 3, p. 201, 2022, doi: 10.12962/j20882033.v33i3.12915.
- [10] A. Gunawan, F. Abimanyu, and Y. Afrizal, “Pengaruh penggunaan abu sabut kelapa sawit sebagai bahan penambah semen terhadap kuat tekan paving block,” *J. Inersia*, vol. 12, no. 1, pp. 12–17, 2020, doi: <https://doi.org/10.33369/ijts.12.1.12-17>.
- [11] F. Rahman and F. Fathurrahman, “Pemanfaatan hasil pembakaran limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti pasir pada pembuatan beton normal,” *Media Ilm. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 30–40, 2017, doi: 10.33084/mits.v6i1.259.
- [12] G. Vitri and H. Herman, “Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai material tambahan beton,” *J. Tek. Sipil ITP*, vol. 6, no. 2, pp. 78–87, 2019, doi: 10.21063/jts.2019.v602.06.
- [13] M. R. Palepy, “Pengaruh penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit terhadap kuat tarik pada beton dengan bahan tambahan superplasticizer ( Studi Penelitian ),” *J. Ilm. Mhs.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–12, 2021, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/349/pdf>
- [14] S. Wahyuni and N. Veronika, “Pembuatan paving block dinding beton berbahan baku abu boiler limbah sawit sebagai pengganti parsial pasir,” *J. Sains dan Ilmu Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 17–19, 2021, doi: 10.59061/jsit.v4i2.48.
- [15] R. Yanita and G. Andreas, “Manfaat faktor konversi untuk pengujian kuat tekan paving block,” *J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 79–87, 2017, doi: <https://doi.org/10.31543/jii.v1i2.119>.
-