

**ANALISIS SIFAT FISIK DAN MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN ABU  
CANGKANG SAWIT SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN DALAM  
PEMBUATAN MORTAR**

Rani Sophia Muthmainnah<sup>1</sup>, Fadillawaty Saleh<sup>2</sup>, Hakas Prayuda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,  
Email: rsmuthmainnah@gmail.com

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

**ABSTRAK**

Penelitian ini menggunakan penambahan abu cangkang sawit (ACS) pada mortar sebagai bahan pengganti semen untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekaniknya. Mortar merupakan komponen non struktural pada bangunan gedung, sehingga tidak membutuhkan mutu yang sangat baik untuk menahan beban. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan mortar yang ramah lingkungan serta tetap memenuhi syarat fisik dan mekanik yang telah ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik pada mortar dengan bahan tambah ACS meliputi tampak, dimensi/ukuran, kadar air, berat jenis dan penyerapan air, *initial rate of suction* (IRS), dan kerapatan (*Density*) dan kuat tekan. Metode penelitian yang digunakan adalah *mix design* dengan perbandingan volume 1: 3 dengan faktor air semen (FAS) 0,5. Adapun benda uji yang dibuat sebanyak 5 macam variasi yaitu penambahan ACS 0 %, 25 %, 50 %, 75 % dan 100 % dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil penyerapan air, kadar air dan IRS semakin meningkat seiring dengan bertambahnya variasi campuran ACS, berbanding terbalik dengan kuat tekan, berat jenis dan kerapatan semu (*Density*). Hal ini disebabkan karena kandungan abu tergolong cukup banyak dalam variasi abu berkisar 25 % keatas. Nilai kadar air rata-rata keseluruhan benda uji sebesar 11,44 %, dengan penyerapan air rata-rata keseluruhan sebesar 6,33, berat jenis rata-rata keseluruhan benda uji sebesar 1,8, nilai kerapatan semu (*Density*) rata-rata keseluruhan benda uji sebesar 0,94 gr/cm<sup>3</sup> dan IRS rata-rata keseluruhan benda uji sebesar 2,72 gr/mnt, %, nilai kuat tekan tertinggi diperoleh sebesar 140,97 kg/cm<sup>2</sup> pada mortar normal dan nilai kuat tekan terendah sebesar 3,66 kg/cm<sup>2</sup> pada mortar campuran ACS 75%.

Kata kunci: mortar, abu cangkang sawit, sifat fisik, sifat mekanik, kuat tekan.

**A. PENDAHULUAN**

Indonesia adalah negara agraris yang memiliki kekayaan alam dari sektor perkebunan termasuk perkebunan kelapa sawit. Limbah cangkang sawit dimanfaatkan sebagai bahan tambah pengganti sebagian semen untuk meningkatkan kuat tekan mortar dan sifat mekanik lainnya guna mencegah penumpukan limbah cangkang sawit yang dapat merusak lingkungan.

Penelitian ini dilakukan dengan cara menambahkan bahan campuran terhadap bahan utama penyusun mortar yaitu semen berupa

cangkang sawit yang diproses dengan cara dibakar menjadi arang lalu menjadi abu cangkang sawit (ACS). Maka ACS ini dapat digunakan sebagai inovasi dengan mencampurkan adonan mortar dengan ACS untuk mengurangi penggunaan semen. Adapun benda uji yang dibuat sebanyak 5 macam variasi yaitu penambahan abu cangkang sawit 0 %, 25 %, 50 %, 75 % dan 100 %. Kemudian pencampuran tersebut akan di uji kuat tekan serta sifat mekanik lainnya meliputi penyerapan air, kadar air, *initial rate of suction* (IRS), berat jenis dan kerapatan semu (*Density*).

Berdasarkan penjelasan diatas, penyusun mencoba melakukan penelitian terhadap mortar dengan menggunakan ACS sebagai bahan tambah pengganti semen pada mortar yang bermutu tinggi dan memenuhi syarat serta meminimalisir penggunaan semen pada campuran mortar.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah seberapa banyak komposisi atau persentase optimum ACS pada mortar sebagai pengganti semen, pengaruh dari pengurangan semen yang diganti dengan ACS terhadap uji kuat tekan pada mortar dan sifat mekanik lainnya, serta kuat tekan mortar yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian identifikasi masalah, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan jumlah ACS yang sesuai dalam pembuatan mortar untuk mengurangi penggunaan semen, pengaruh penambahan ACS terhadap kuat tekan mortar dan sifat mekanik lainnya, serta mengetahui kuat tekan yang dihasilkan.

Manfaat penelitian ini adalah untuk menghasilkan mortar dengan mutu yang memenuhi syarat dengan perbandingan yang sesuai agar sifat fisik dan mekaniknya tetap dalam klasifikasi dan ramah lingkungan, serta hasil penelitian dapat digunakan untuk penggunaan mortar dalam hal pembangunan.

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Benda uji berbentuk persegi dengan ukuran  $50 \text{ mm}^3$  sebanyak 50 buah benda uji dari 5 *mix design* dengan variasi perbandingan 0 %, 25 %, 50 %, 75 % dan 100 %.
2. Benda uji mortar yang di buat akan di uji pada umur 28 hari dengan pengujian kuat tekan dan sifat mekanik lainnya.
3. Menggunakan semen *portland* tipe 1 merk gresik pasir Merapi yang berasal dari Cangkringan, kabupaten Sleman sebagai agregat halus, dan ACS yang berasal dari Kabupaten Riau sebagai bahan tambah pengganti semen.

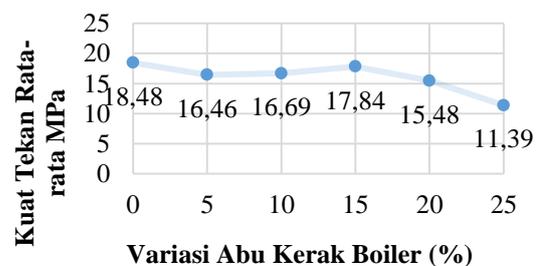
Abu cangkang sawit berasal dari proses pembakaran cangkang menjadi abu. Proses pembakaran ini menghilangkan kandungan

kimia *organic* dan meninggalkan silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) hingga 58,02 % serta senyawa lainnya yang juga terdapat pada semen. Adapun berbagai senyawa yang terdapat dalam ACS dan persentasenya disajikan dalam Tabel 1 (Rinaldo, 2003).

Tabel 1 Komposisi kimia Abu Cangkang Kelapa Sawit (Rinaldo, 2003)

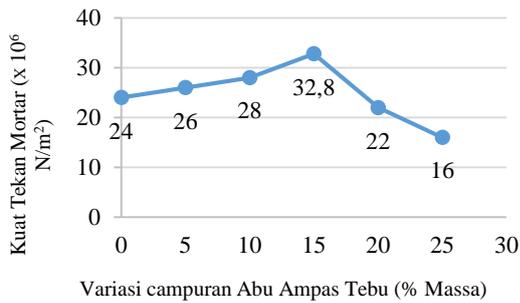
Komposisi <i>Chemical analysis</i>	Persentase (%)
$\text{SiO}_2$	58,02
$\text{Al}_2\text{O}_3$	8,70
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2,60
$\text{CaO}$	12,65
$\text{MgO}$	4,23
$\text{Na}_2\text{O}$	0,41
$\text{K}_2\text{O}$	0,72
$\text{H}_2\text{O}$	1,97
<i>Specific gravity</i>	2,01
Sisa ayakan $45 \mu$	47
Hilang pijar	8,59

Jamizar, dkk (2013) meneliti tentang mortar dengan campuran abu kerak *boiler* cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambahan dengan 5 macam variasi perlakuan 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %. Masing-masing komposisi dibuat 9 buah benda uji untuk uji tekan mortar yaitu 3 buah untuk 7 hari, 3 buah untuk 14 hari, 3 buah untuk 28 hari. Hasil rata-rata kuat tekan selama 28 hari dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.

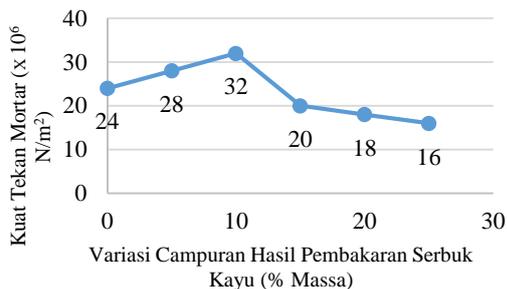


Gambar 1 Hubungan Kuat Tekan rata-rata terhadap variasi Abu Kerak *boiler* (%) (Jamizar, dkk 2013)

Mulyati, dkk (2010), penelitian dilakukan dengan pencampuran abu ampas tebu dan produk pembakaran serbuk gergaji yang telah digiling. Kedua bahan dicampur pada saat pencetakan mortar pasir sebanyak 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, dan 25 %. Hasil optimal dari abu ampas tebu dengan variasi 15 %, sedangkan serbuk gergaji dengan variasi 10 %.



Gambar 2 Hubungan Kuat Tekan Mortar terhadap variasi Abu Ampas Tebu (Mulyati, 2010)



Gambar 3 Hubungan Kuat Tekan Mortar terhadap variasi hasil pembakaran Serbuk Kayu (Mulyati, 2010)

## B. Pozzolan

Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina, yang tidak mempunyai sifat semen, akan tetapi dalam bentuk halusanya dan dengan adanya air dapat menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air (Tjokrodinuljo, 1996).

## C. Mortar

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), air suling dan semen *portland* dengan komposisi tertentu. Bahan pengikat antara semen dan air bereaksi secara kimia sehingga membuat suatu bahan yang padat dan tahan lama (SNI 03-6825-2002).

## D. Bahan Penyusun Mortar

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan mortar adalah sebagai berikut ini.

### 1. Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982).

## 2. Agregat Halus

### a. Gradasi Butiran Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dengan kata lain kepadatannya tinggi.

Tabel 2 Daerah gradasi butiran (Mulyono, 2003)

Lubang Ayakan	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	1	2	3	4
2	100	100	100	100
4 (4,75 mm)	9 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
8 (2,36 mm)	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
16 (1,18 mm)	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
30 (0,6 mm)	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
50 (0,3 mm)	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
(0,15 mm)	0-10	0-10	0-10	0 - 15

### b. Kadar air agregat

Kadar air adalah kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah atau berat kering dengan satuan persen (%).

Keadaan kandungan air dalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat, yaitu kering tungku, kering udara, jenuh kering muka dan basah. Keadaan jenuh kering muka (*saturated surface-dry, SSD*) lebih sering digunakan dan dapat ditentukan dengan Persamaan 1 berikut ini.

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat semula} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \quad (1)$$

### c. Berat jenis agregat

Berat jenis adalah perbandingan berat massa jenis relatif sebuah zat dengan massa jenis air murni.

Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, agregat normal, agregat berat dan agregat ringan. Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5–2,7. Agregat berat dengan berat jenis lebih dari 2,8. Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2 yang biasanya dibuat non struktural, akan tetapi dapat pula untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Penentuan berat jenis dapat dilakukan dengan Persamaan 2 berikut ini.

$$BJ = \frac{(SSD)}{B+SSD+Bt} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

$BJ$  = berat jenis,

$SSD$  = *saturated surface dry* (gr),

$B$  = berat pasir + berat air (gr),

$Bt$  = berat pasir setelah di oven (gr).

d. Penyerapan air dalam agregat

Persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika direndam dalam air disebut serapan air. Jika agregat basah ditimbang beratnya  $W$ , kemudian dikeringkan dalam tungku (*oven*) pada suhu 105° C sampai beratnya tetap  $W_k$ , maka kadar air agregat basah dapat ditentukan dengan Persamaan 3 berikut ini.

$$K = \frac{W-W_k}{W_k} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

$K$  = kadar air agregat (%),

$W$  = berat awal(gr),

$W_k$  = berat kering (gr).

e. Berat satuan

Berat satuan agregat adalah berat agregat dalam satu satuan volume, dinyatakan dalam kg/liter atau ton/m<sup>3</sup>. Berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya adalah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume pori terbukanya. Dengan demikian maka secara matematis dapat ditentukan dengan Persamaan 4 berikut ini.

$$B_{sat} = \frac{B_2-B_1}{V} \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

$B_{sat}$  = berat satuan (gr/cm<sup>3</sup>),

$B_1$  = berat gelas ukur kosong (gr),

$B_2$  = berat gelas ukur kosong+pasir (gr),

$V$  = volume gelas ukur (ml).

f. Kadar lumpur

Kandungan kadar lumpur yang terlalu tinggi atau tidak memenuhi syarat berdasarkan SNI-03-6820-2002 pada agregat halus dapat memberikan pengaruh yang merugikan pada mutu beton. Perhitungan kadar lumpur dapat dilihat pada persamaan 5.

$$KL = \frac{B_2}{B_1} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

$KL$  = kadar lumpur,

$B_2$  = berat kering tungku (gr),

$B_1$  = berat lolos saringan 200 (gr)

3. Air

Air yang dapat digunakan sebagai bahan pencampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran.

Dalam pemakaian air sebaiknya air yang digunakan memenuhi syarat sebagai berikut ini.

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

4. Abu cangkang sawit

Bahan tambah yang digunakan adalah abu cangkang sawit (ACS). ACS merupakan abu yang diperoleh dari hasil proses pembakaran cangkang sawit menjadi arang, lalu arang yang bercampur abu tersebut disaring menggunakan saringan No. 200, kemudian abu yang lolos saringanlah yang digunakan sebagai bahan tambah pengganti semen pada pembuatan semen. Dari hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan, kandungan silika pada abu cangkang sawit lebih banyak dari unsur senyawa lainnya, dimana kandungan silika merupakan sumber utama pozzolan yang dapat mengikat material campuran mortar.

**E. Sifat Mortar Segar**

1. Pengujian meja sebar

Pengujian meja sebar dilakukan untuk mengetahui ukuran kelecakan mortar. Nilai sebar dapat ditentukan dengan Persamaan 6 berikut ini.

$$Nilai\ sebar = \frac{(d_1-d_0)}{d_0} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

dengan :

$d_0$  = diameter cetakan (cm),

$d_1$  = diameter sebaran adonan terjauh (cm).

2. *Bleeding*

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan mortar yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat mortar mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*).

**F. Sifat Fisik Mortar**

Sifat fisik mortar adalah sifat fisik yang ditinjau berdasarkan bentuk dan dimensi dari mortar. Syarat-syarat mortar adalah sebagai berikut ini.

1. Sifat tampak

Mortar harus berbentuk persegi, mempunyai rusuk-rusuk yang siku, bidang permukaan yang rata, dan tidak menunjukkan retak.

2. Dimensi /ukuran mortar

Ukuran mortar yang digunakan sebagai benda uji mempunyai ukuran-ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm. Pemeriksaan ukuran mortar dilakukan dengan menggunakan kaliper.

**G. Sifat Mekanik Mortar**

1. Penyerapan air (K)

Penyerapan air dapat ditentukan dengan Persamaan 7 berikut ini.

$$K = \frac{W - W_k}{W_k} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

dengan :

- K = Penyerapan air pada mortar (%)
- W = berat mortar setelah 24 jam direndam (gr)
- W<sub>k</sub> = berat kering mortar (gr)

2. Kadar air

Kadar air merupakan perbandingan antara berat mortar sebelum dimasukkan *oven* dengan berat mortar setelah dimasukkan *oven*. Kadar air biasanya dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 8 berikut ini.

$$\text{kadar air} = \frac{\text{berat semula} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \dots (8)$$

3. *Initial Rate of Suction (IRS)*

Merupakan pengujian untuk mengetahui kemampuan dari mortar dalam menyerap air pertama kali dalam waktu satu menit pertama. Hal ini sangat berguna pada saat penentuan

kadar air mortar (Nur, 2008). Penentuan *initial rate of suction (IRS)* dapat ditentukan dengan Persamaan 9 berikut ini.

$$IRS = \frac{m_2 - m_1}{K} \dots\dots\dots (9)$$

dengan :

- m<sub>1</sub> = massa setelah direndam air (gr)
- m<sub>2</sub> = massa sebelum direndam (gr)

Karena IRS menggunakan satuan  $\frac{gr}{mnt} cm^2$ , maka harus dikalikan dengan suatu faktor dan dapat dilihat pada persamaan 10 berikut ini.

$$K = \frac{193,55}{\text{luas area}} \dots\dots\dots (10)$$

4. Kuat tekan mortar

Kuat tekan merupakan pengujian yang mengidentifikasi mutu dari suatu sampel tersebut. Pengujian kuat tekan yang dilakukan pada mortar adalah untuk mengetahui mutu dari mortar. Penentuan nilai kuat tekan mortar dapat dilakukan dengan Persamaan 11 berikut ini.

$$fc = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (11)$$

dengan :

- fc = kuat tekan benda uji (kg/cm<sup>2</sup>)
- P<sub>maks</sub> = maksimum besaran gaya tekan (kg)
- A = luas tampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

5. Berat jenis (BJ)

Berat jenis adalah perbandingan massa jenis benda uji dengan volume benda uji. Penentuan berat jenis dapat dilakukan dengan Persamaan 12 berikut ini.

$$BJ = \frac{W_b}{V_b} \dots\dots\dots (12)$$

dengan :

- BJ = berat jenis
- W<sub>b</sub> = berat benda uji (gr)
- V<sub>b</sub> = volume benda uji (cm<sup>3</sup>)

6. Kerapatan (*density*)

Penentuan kerapatan dapat ditentukan dengan persamaan 13 dan Persamaan 14 berikut ini.

$$Q_{sch} = \frac{M_d}{V_{sch}} \frac{gr}{cm^3} \dots\dots\dots (13)$$

$$d_w = \frac{C-B}{M_d} \times Q_{sch} \frac{gr}{cm^3} \dots\dots\dots (14)$$

dengan :

- M<sub>d</sub> = berat kering oven (gr)
- B = berat didalam air (gr)

- $C$  = berat setelah direndam (gr),
- $V_{sch}$  = volume mortar ( $m^3$ ),
- $d_w$  = kerapatan (*density*).

**H. METODE PENELITIAN**

1. Lokasi Penelitian

Penelitian mortar dengan campuran bahan tambahan abu cangkang sawit (ACS) dilakukan di Laboratorium Struktur dan Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2. Bahan penelitian

Bahan baku yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

- a. Pasir Merapi
- b. Semen *Portland* tipe 1 merk Gresik
- c. Air dari laboratorium
- d. Abu cangkang sawit yang diperoleh dari Riau.

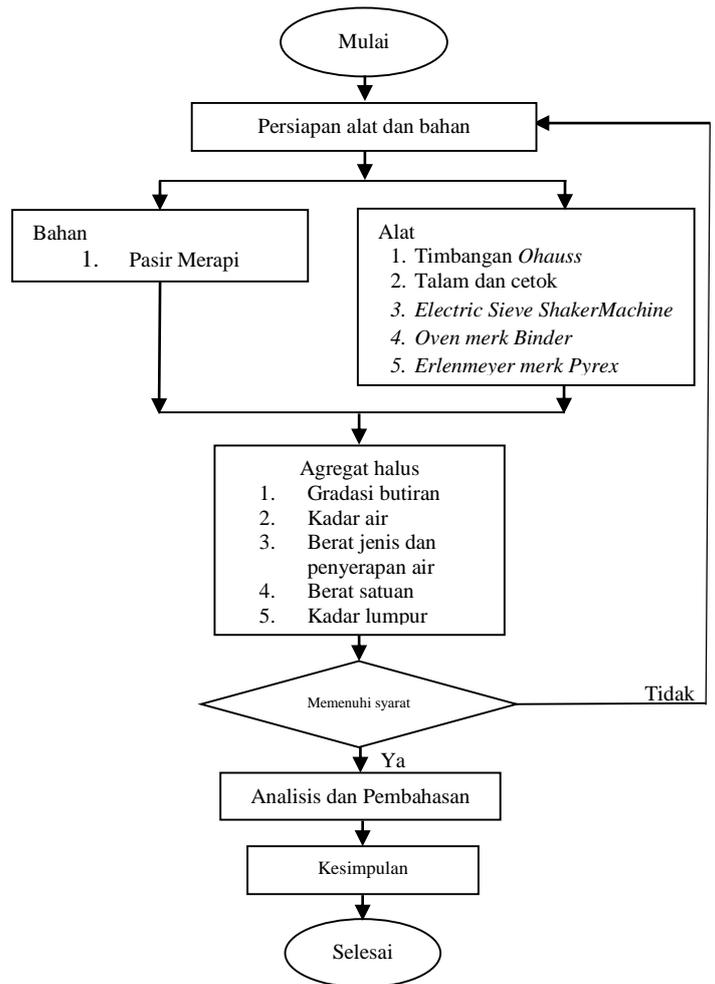
3. Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan meliputi alat-alat berikut ini.

- 1. Timbangan merk *Ohaus* dengan ketelitian 0,1 gram, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun campuran mortar dan berat benda uji.
- 2. Cetok dan talam untuk mengaduk adonan mortar dan sebagai wadah sebelum adonan mortar dituang ke dalam cetakan.
- 3. *Kaliper merk Tricle Brand* untuk mengukur dimensi benda uji yang digunakan.
- 4. Meja sebar dan cetakan meja sebar untuk mengukur kelecekan mortar dan mencetak adonan yang akan di uji sebar.
- 5. Mesin penggerak ayakan (*Electric sieve shaker machine*) untuk pengujian gradasi butiran agregat halus, saringan yang digunakan adalah satu set ayakan yang terdiri dari lubang saringan dengan No: 4, 8, 16, 30, 50, 100 dan pan.
- 6. Cetakan mortar berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm digunakan untuk mencetak mortar berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm.
- 7. Oven dengan merk *Binder* untuk mengeringkan benda uji.

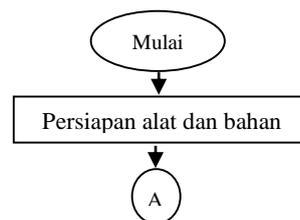
- 8. *Enlermeyer* dengan merk *Pyrex* untuk pemeriksaan berat jenis.
- 9. Gelas ukur kapasitas 200 ml untuk menentukan perbandingan volume dalam pencampuran adonan mortar.
- 10. Mesin uji kuat tekan merk HT-8502 *micro – computer universal testing machine* (kap: 300 KN), untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari benda uji.

3. Bagan Alir Penelitian Agregat Halus

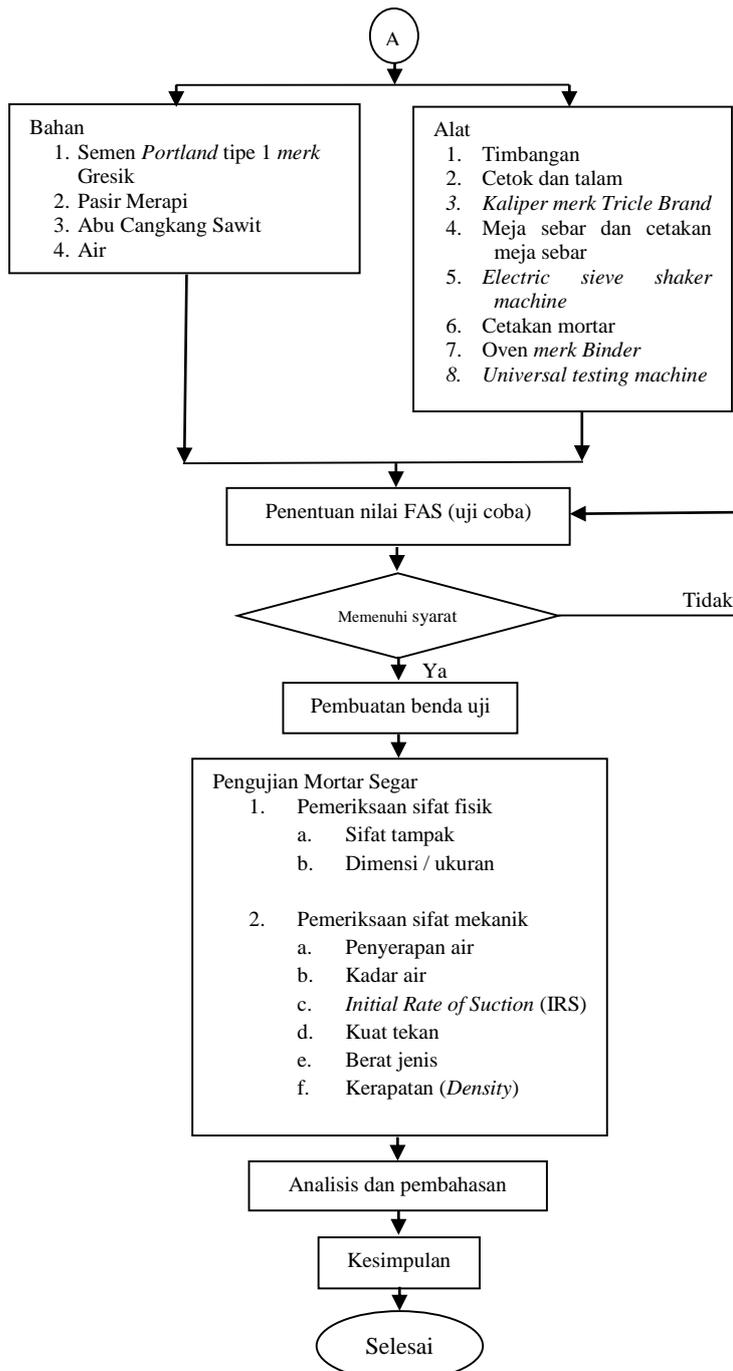


Gambar 4 Bagan alir penelitian

4. Bagan Alir Penelitian Mortar



Gambar 5 Bagan alir penelitian



Gambar 6 Bagan alir penelitian (Lanjutan)

### 5. Perencanaan Campuran (*mix design*)

Langkah kerja pada pencampuran dan pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah material pembentuk mortar yaitu semen, pasir, air dan bahan tambah dicampurkan dengan perbandingan volume gelas ukur 200 ml dengan perbandingan yang digunakan adalah 1 : 3 dengan FAS 0,5. Komposisi *mix design* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 *Mix design* mortar untuk 10 benda uji

No	Bahan	Jumlah campuran abu untuk 10 benda uji (ml)				
		0%	25%	50%	75%	100%
1	Semen	600	450	300	150	0
2	Air	300	300	300	300	300
3	Pasir	1800	1800	1800	1800	1800
4	ACS	-	150	300	450	600

## I. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pemeriksaan Agregat Halus

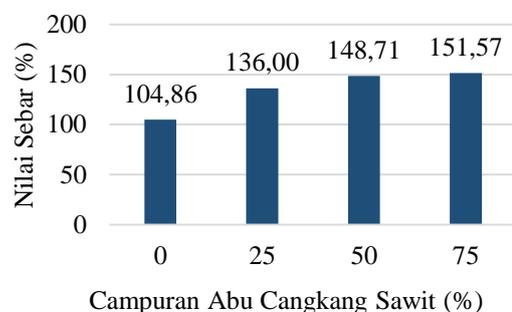
Hasil dari pemeriksaan agregat halus yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut ini.

Tabel 4 Hasil pemeriksaan agregat halus

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Gradasi agregat	3,37
2	Kadar air (%)	6,89
3	Berat jenis	2,1
4	Penyerapan air (%)	6,43
5	Berat satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	1,441
6	Kadar lumpur (%)	2,083

### 2. Pemeriksaan Sifat Mortar Segar

Pengujian sifat mortar segar dilakukan dengan cara meja sebar (*flow table*). Nilai sebar yang baik berkisar antara 70 %-110 %. Nilai sebar yang diperoleh pada mortar normal termasuk ke dalam nilai sebar yang baik yaitu sebesar 104,86 %, sedangkan nilai sebar pada mortar yang telah ditambah dengan campuran abu cangkang sawit tidak termasuk dalam nilai sebar baik, hal ini dikarenakan bahan tambah tidak mengikat sempurna dan persentase penambahan abu cangkang sawit terlalu banyak. Dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hubungan nilai sebar dengan campuran Abu Cangkang Sawit

### 3. Pemeriksaan Sifat Fisik Mortar

Pengujian sifat fisik mortar segar ini dilakukan dengan menganalisa sifat tampak pada mortar dan ukuran/dimensi mortar. Hasil analisa dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

#### a. Sifat tampak

Syarat – syarat sifat tampak atau tekstur dan juga bentuk pada bata beton pejal harus sesuai dengan SNI 03-0349-1989 yaitu mortar berbentuk persegi, bidang permukaannya harus tidak cacat, mempunyai rusuk–rusuk yang siku terhadap yang lain, tidak menunjukkan retak. semua hasil tampak pada benda uji mortar normal bidang permukaannya rata, ruas–ruasnya siku–siku, tidak retak dan berwarna abu–abu terang. Pada benda uji yang telah ditambah dengan campuran abu cangkang sawit, bidang permukaannya rata, tidak retak, ruas–ruasnya siku–siku, berwarna abu–abu gelap, mulai berongga dan sedikit terkikis.

#### 2. Ukuran

Ukuran mortar harus memenuhi syarat SNI 03-0348-1989 tentang ukuran mortar dengan panjang 50 mm, lebar 50 mm dan tinggi 50 mm, tetapi pada pelaksanaan di lapangan tidak sama persis dengan ukuran yang disyaratkan. Pemeriksaan ukuran rata–rata mortar dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Ukuran rata-rata seluruh benda uji mortar

Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
Normal	50,58	50,75	52,40
ACS 25 %	50,73	50,97	52,35
ACS 50 %	50,74	50,91	52,55
ACS 75 %	50,40	50,46	51,88

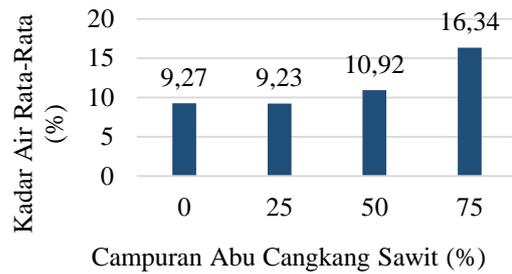
Hasil analisis secara keseluruhan menunjukkan bahwa hanya ukuran benda uji mortar dengan campuran abu cangkang sawit 75 % yang memenuhi syarat SNI 03-0348-1989.

#### 4. Pengujian Sifat Mekanik Mortar

Pengujian sifat mekanik mortar terdiri dari pengujian kadar air, kerapatan, penyerapan air, berat jenis, *initial rate of suction (IRS)*, dan kuat tekan.

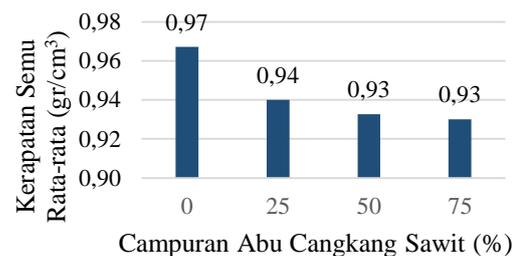
Nilai kadar air terendah terdapat pada benda uji campuran abu cangkang sawit 0 % dengan kadar air 9,27 % dan nilai kadar air tertinggi terdapat pada benda uji campuran abu cangkang sawit 75 % dengan kadar air 16,34 %. Nilai

kadar air rata-rata keseluruhan benda uji sebesar 11,44 %. Dapat dilihat pada Gambar 8



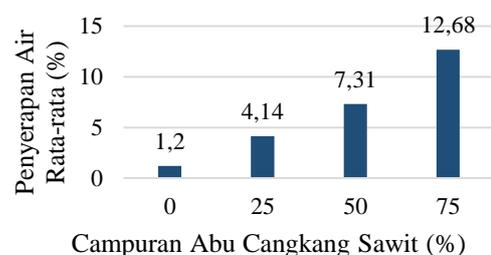
Gambar 8 Hubungan kadar air rata-rata dengan campuran Abu Cangkang Sawit

Nilai kerapatan semu rata-rata keseluruhan benda uji sebesar 0,94 gr/cm<sup>3</sup>. Kerapatan semu rata-rata terendah terdapat pada benda uji campuran ACS 50 % dan ACS 75 % dengan kerapatan semu 0,93 gr/cm<sup>3</sup> dan nilai tertinggi terdapat pada benda uji campuran ACS 0 % dengan kerapatan semu 0,97 gr/cm<sup>3</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 9



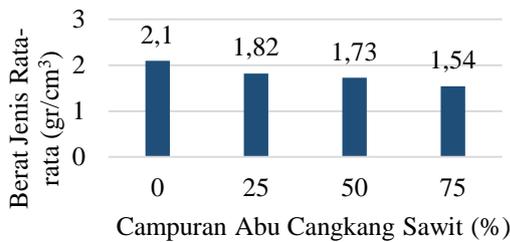
Gambar 9 Hubungan kerapatan semu rata-rata dengan campuran Abu Cangkang Sawit

Penyerapan air rata-rata terendah terdapat pada benda uji campuran ACS 0 % dengan penyerapan air rata-rata 1,2 % dan nilai tertinggi terdapat pada benda uji campuran ACS 75 % dengan penyerapan air rata-rata 12,68 %. Nilai penyerapan air rata-rata keseluruhan benda uji sebesar 6,33 %. Dapat dilihat pada Gambar 10



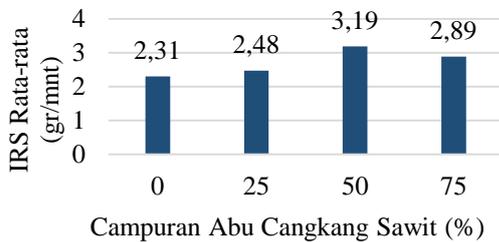
Gambar 10 Hubungan penyerapan air rata-rata dengan campuran Abu Cangkang Sawit

Nilai berat jenis rata-rata keseluruhan benda sebesar 1,8 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai berat jenis rata-rata terendah terdapat pada benda uji campuran ACS 75 % dengan berat jenis 1,54 gr/cm<sup>3</sup> dan nilai berat jenis rata-rata tertinggi terdapat pada benda uji campuran ACS 0 % dengan berat jenis rata-rata 2,1 gr/cm<sup>3</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 11



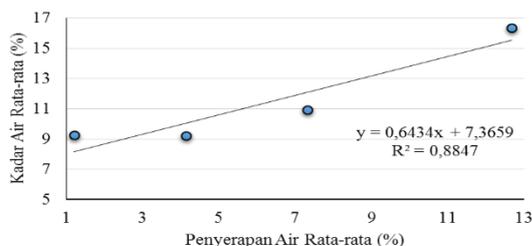
Gambar 11 Hubungan berat jenis rata-rata dengan campuran Abu Cangkang Sawit

IRS rata-rata keseluruhan sebesar 2,72 gr/mnt. IRS rata-rata terendah terdapat pada campuran ACS 0 % dengan IRS 2,31 gr/mnt dan IRS rata-rata tertinggi terdapat pada campuran ACS 50 % dengan IRS 3,19 gr/mnt. Dapat dilihat pada Gambar 12



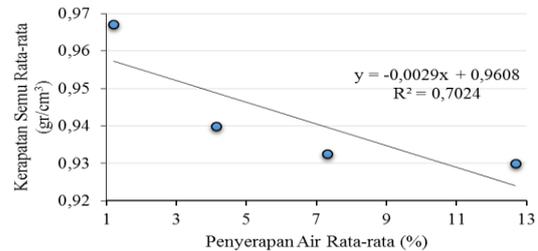
Gambar 12 Hubungan *irs* rata-rata dengan campuran Abu Cangkang Sawit

Semakin besar nilai penyerapan air maka semakin besar nilai kadar air. Penyerapan air yang besar akan menyebabkan sampel memiliki kandungan air yang semakin banyak dan sampel akan semakin berat karena terisi air.

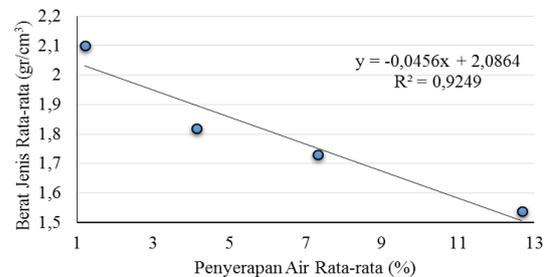


Gambar 13 Hubungan kadar air rata-rata dengan penyerapan air rata-rata

Nilai kerapatan semu semakin kecil apabila nilai penyerapan air semakin besar. Ketidakrapatan sampel akan menyebabkan banyak rongga pada sampel yang akan terisi oleh air dan menyebabkan nilai penyerapan semakin besar.

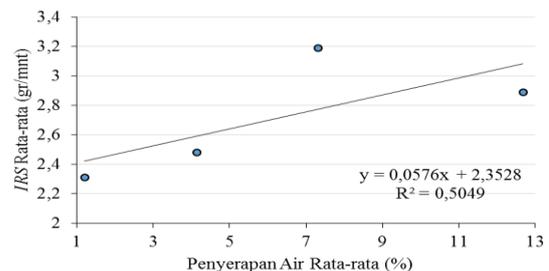


Gambar 14 Hubungan kerapatan semu rata-rata dengan penyerapan air rata-rata. Semakin besar nilai penyerapan air maka semakin kecil nilai berat jenis.



Gambar 15 Hubungan berat jenis rata-rata dengan penyerapan air rata-rata

IRS menunjukkan nilai penyerapan air pada permukaan bidang sampel dalam waktu 1 menit pertama setelah direndam. Nilai IRS menunjukkan terdapat banyak pori yang terisi oleh air pada 1 menit pertama setelah direndam.



Gambar 16 Hubungan *irs* rata-rata dengan penyerapan air rata-rata

Tabel 6 Hasil pengujian kuat tekan mortar normal

Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maks (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
N1	50,40	50,40	2540,20	3773,70	148,56
N2	50,00	50,50	2525,00	3016,05	119,45
N3	50,50	51,00	2575,50	3371,40	130,90
N4	51,30	51,50	2642,00	4478,10	169,50
N5	50,00	50,40	2520,00	3438,60	136,45
Rata-Rata					140,97

Standar Deviasi					19,08
Kuat tekan rata-rata pada Tabel 6 sebesar 140,97 kg/cm <sup>2</sup> . Kuat tekan terendah terdapat pada benda uji N2 dengan kuat tekan 119,45 kg/cm <sup>2</sup> dan kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji N4 dengan kuat tekan 169,50 kg/cm <sup>2</sup> .					
Tabel 7 Hasil pengujian kuat tekan mortar mortar campuran abu cangkang sawit 25%					
Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maks (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
S1	51,20	51,40	2631,70	1034,10	39,29
S2	50,30	50,50	2540,20	1009,50	39,74
S3	50,40	50,50	2545,20	1179,90	46,36
S4	50,00	50,90	2545,00	1530,15	60,12
S5	50,40	52,20	2630,90	1339,05	50,90
Rata-Rata					47,28
Standar Deviasi					8,65

Kuat tekan rata-rata pada Tabel 9 sebesar 47,28 kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan terendah terdapat pada benda uji S1 dengan kuat tekan 39,29 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji S4 dengan kuat tekan 60,12 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabel 8 Hasil pengujian kuat tekan mortar mortar campuran abu cangkang sawit 50%

Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maks (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
S1	50,20	50,40	2530,10	1742,25	68,86
S2	50,50	50,80	2565,40	1056,30	41,17
S3	51,00	51,00	2601,00	1662,75	63,93
S4	50,80	50,00	2540,00	1744,50	68,68
S5	51,10	51,10	2611,20	1398,60	53,56
Rata-Rata					59,24
Standar Deviasi					11,86

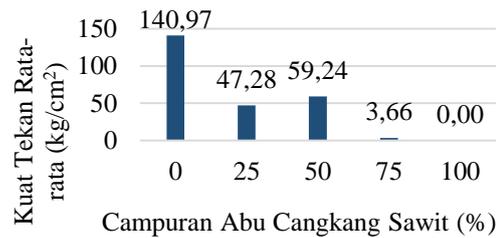
Kuat tekan rata-rata pada Tabel 10 sebesar 59,24 kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan terendah terdapat pada benda uji S2 dengan kuat tekan 41,17 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji S1 dengan kuat tekan 68,68 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabel 9 Hasil pengujian kuat tekan mortar mortar campuran abu cangkang sawit 75%

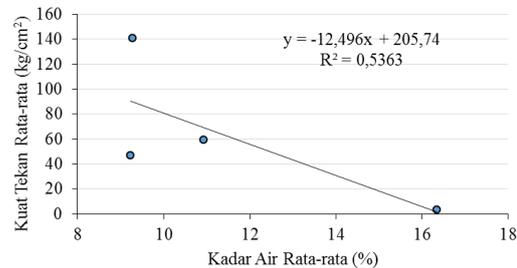
Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maks (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
S1	50,00	50,10	2505,00	60,45	2,41
S2	50,00	50,40	2520,00	101,55	4,03
S3	50,00	50,00	2500,00	138,45	5,54
S4	50,60	51,00	2580,60	84,15	3,26
S5	50,00	50,00	2500,00	76,65	3,07
Rata-Rata					3,66
Standar Deviasi					1,20

Kuat tekan rata-rata pada Tabel 11 sebesar 3,07 kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji S3 dengan nilai kuat tekan 5,54 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan terendah terdapat pada benda uji S1 dengan nilai kuat tekan 2,41 kg/cm<sup>2</sup>.

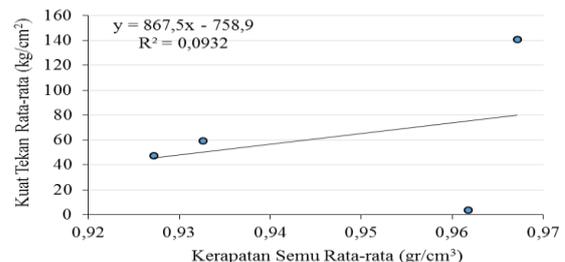
Apabila campuran abu cangkang sawit semakin banyak maka nilai kuat tekan semakin kecil. Kuat tekan tertinggi diperoleh sebesar 140,97 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan terendah sebesar 3,66 kg/cm<sup>2</sup>



Gambar 17 Hubungan kuat tekan rata-rata dengan campuran abu cangkang sawit Nilai kuat tekan semakin kecil apabila nilai kadar air semakin besar. Kandungan air yang banyak pada sampel berpengaruh terhadap mutu sampel.

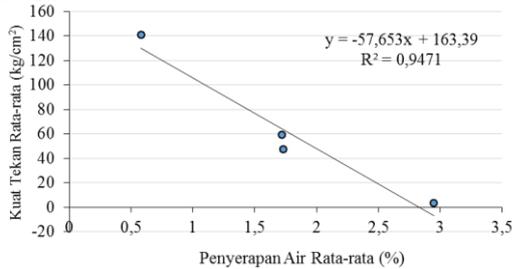


Gambar 18 Hubungan kuat tekan rata-rata dengan kadar air rata-rata Semakin besar nilai kuat tekan maka semakin besar pula nilai kerapatan semu. Kerapatan yang optimal terdapat pada benda uji campuran ACS 0% dengan kerapatan 0,97 dan mutu yg dihasilkan sebesar 140,97 kg/cm<sup>2</sup>.



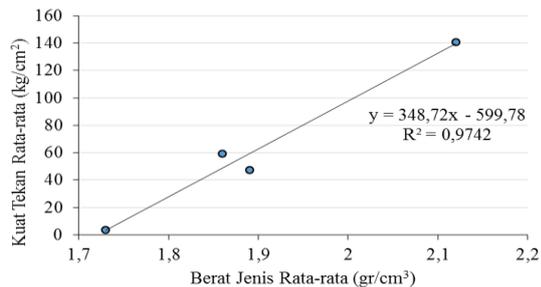
Gambar 19 Hubungan kuat tekan rata-rata dengan kerapatan semu rata-rata

Penyerapan air terbesar terjadi pada sampel dengan campuran ACS 75% karena kandungan ACS lebih banyak dari semen. Sehingga penyerapan air yang terjadi sangat banyak yang mengakibatkan mutu sampel lebih rendah dibandingkan dengan sampel yang kandungan semennya lebih banyak daripada abu cangkang sawit.



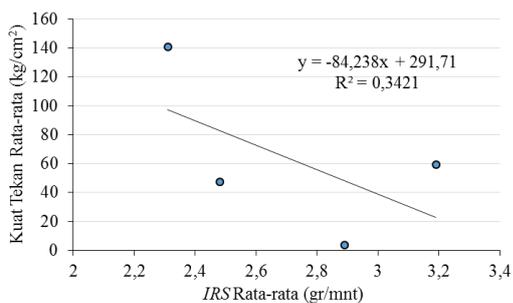
Gambar 20 Hubungan kuat tekan rata-rata dengan penyerapan air rata-rata

Berat jenis terbesar menghasilkan nilai kuat tekan terbesar yang terdapat pada sampel dengan ACS 0% dengan nilai kuat tekan sebesar 140,97 kg/cm<sup>2</sup>. Berat jenis dari semen sangat mempengaruhi nilai kuat tekan sampel.



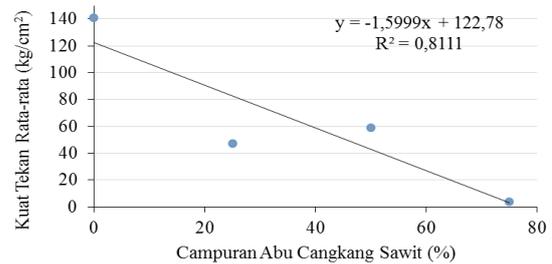
Gambar 21 Hubungan kuat tekan rata-rata dengan berat jenis rata-rata

Semakin besar nilai *IRS* maka nilai kuat tekan akan semakin kecil. Nilai *IRS* yang optimal terdapat pada sampel campuran abu cangkang sawit 0% yang menghasilkan mutu 140,97 kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 22 Hubungan kuat tekan rata-rata dengan *IRS* rata-rata

Menentukan komposisi ACS yang optimal dengan mutu yang diinginkan dapat menggunakan persamaan,  $y = -1,2x + 90$ . Untuk menghasilkan mutu mortar 100 kg/cm<sup>2</sup> dapat menggunakan ACS sebanyak 0% atau tidak menggunakan campuran abu cangkang sawit, untuk menghasilkan mutu mortar 70 kg/cm<sup>2</sup> dapat menggunakan komposisi campuran ACS 17%, untuk menghasilkan mutu mortar 40 kg/cm<sup>2</sup> dapat menggunakan ACS sebanyak 40%, dan untuk mutu mortar 25 kg/cm<sup>2</sup> dapat menggunakan ACS sebanyak 55%.



Gambar 23 Hubungan mutu mortar dengan campuran Abu Cangkang Sawit

Pada mortar dengan campuran ACS 100% tidak efektif untuk digunakan karena memerlukan waktu 2 minggu untuk melepaskan cetakan dan tidak di uji kuat tekan karena benda uji tidak sesuai dalam syarat mutu yang terlampir pada SNI 03-0348-1989, yaitu langsung hancur bila dirapuhkan dengan kekuatan jari tangan. Hal ini disebabkan karena hanya terdapat sedikit unsur yang mengikat bahan penyusun yang mengakibatkan bahan-bahan penyusun mortar tidak terikat dan tidak mengeras dengan sempurna.

## J. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari pengujian maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Hasil dari pengujian sifat fisik adalah keseluruhan benda uji berbentuk persegi, permukaan datar, berbentuk siku, dan tidak terdapat retakan. Hanya benda uji mortar dengan campuran abu cangkang sawit 75% yang masuk dalam ukuran yang disyaratkan. Nilai kadar air, penyerapan air, dan *IRS* pada seluruh benda uji mengalami kenaikan nilai apabila campuran ACS semakin banyak. Sedangkan nilai berat jenis dan kerapatan

semu pada seluruh benda uji mengalami penurunan apabila campuran ACS semakin banyak.

2. Sampel dengan campuran ACS 0% (tanpa campuran abu cangkang sawit) diperoleh kuat tekan sebesar 140,97 kg/cm<sup>2</sup>, sampel dengan campuran ACS 25% diperoleh kuat tekan sebesar 47,28 kg/cm<sup>2</sup>, sampel dengan campuran ACS 50% diperoleh kuat tekan sebesar 59,24 kg/cm<sup>2</sup>, dan sampel dengan campuran ACS 75% diperoleh kuat tekan sebesar 3,66 kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada sampel dengan campuran ACS 0% (tanpa campuran abu cangkang sawit). Sampel dengan campuran ACS 0% masuk spesifikasi untuk tingkat mutu I, sampel dengan campuran ACS 25% dan campuran ACS 50% masuk spesifikasi tingkat mutu III, dan sampel dengan campuran ACS 75% tidak termasuk kedalam spesifikasi.

#### K. SARAN

Diharapkan beberapa saran terkait dengan penelitian sebagai berikut ini.

1. Penelitian lebih lanjut mengenai Mortar dengan campuran Abu Cangkang Sawit untuk menghasilkan mutu Mortar yang diinginkan dan sesuai spesifikasi.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan perbandingan bahan tambah abu Cangkang Sawit kurang dari 25%.
3. Digunakan Abu Cangkang Sawit untuk campuran semen sebagai bahan dasar konstruksi bangunan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. SNI 03-6825-2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Departemen pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. SNI 03-0348-1989. *Bata Beton Pejal*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Jamizar, dkk, 2003, "Pengaruh Pemanfaatan Abu Kerak *Boiler* Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambahan (*Admixture*) Semen Terhadap Kuat tekan Mortar" Vol 1:(1)

Mulyati, Sri, and Dahyunir Dahlan. "Pengaruh persen massa hasil pembakaran serbuk kayu dan ampas tebu pada mortar terhadap sifat mekanik dan sifat fisisnya." *Jurnal Ilmu Fisika* 4.1 (2012): 31-39.

Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi Publishing. Yogyakarta.

Nur, O.F. 2008. Analisa Sifat Fisik dan Mekanik Batu Bata Berdasarkan Sumber Lokasi dan Posisi Batu Bata dalam Proses Pembakaran. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol.4, No 2.

Rinaldo, D., 2003, *Skripsi* "Pengaruh Abu Cangkang kelapa sawit (*palm oil fuel ash*) terhadap mortar". Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Riau.

Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri. Yogyakarta.