

## PEMANFAATAN ABU CANGKANG SAWIT DAN KAPUR SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN BETON

Mahdy Tyas Ibrahim<sup>1</sup>, Ester Priskasiri<sup>2</sup>, Hadi Surya W.S<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Email : [mahditias@gmail.com](mailto:mahditias@gmail.com)<sup>1</sup>

### ABSTRACT

Concrete is one of the construction materials that is widely used in the implementation of building construction. Many studies have been conducted to obtain better concrete technology such as the addition of admixture materials that aim to reduce cement usage to be more economical. The selection of boiler crust ash on palm oil contained in the boiler machine as a cement mixture strengthener and added lime powder (CaCO<sub>3</sub>) or calcium carbonate as an additional cement material that can accelerate the hydration process in concrete so that it can increase the strength value of concrete. This study aims to determine whether palm shell ash and lime affect the compressive strength, splitting tensile strength, and flexural tensile strength, to find out what the compressive strength value is. Splitting tensile strength, and flexural tensile strength in concrete variations of palm shell ash and lime. This study began with testing coarse and fine aggregates, then conducting data analysis, then mix design, making test objects, maintenance, then conducting data analysis. Based on the results of the study, it was stated that there was an effect of the use of palm shell ash and lime on compressive strength, splitting tensile strength, and flexural tensile strength. The average value of concrete compressive strength produced with percentage variations of 0%, 13%, 18% at the age of 28 days with average values of 21.60Mpa, 23.73Mpa, 22.20Mpa respectively. The value of splitting tensile strength with percentage variations of 0%, 13%, 18% at the age of 28 days with average values of 5.081Mpa, 5.896Mpa, and 5.615 Mpa respectively. The value of flexural tensile strength with percentage variations of 0%, 13%, 18% at the age of 28 days with average values of 4.622Mpa, 5.360Mpa, and 4.719Mpa respectively. Keywords: Concrete, Palm Shell Ash, Lime.

### ABSTRAK

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan. Penelitian telah banyak dilakukan guna memperoleh teknologi beton yang lebih baik seperti tentang penambahan bahan admixture yang bertujuan mengurangi pemakaian semen agar lebih ekonomis. Pemilihan abu kerak boiler pada kelapa sawit yang terdapat di mesin boiler sebagai penguat campuran semen serta ditambah serbuk kapur (CaCO<sub>3</sub>) atau kalsium karbonat sebagai bahan tambahan semen yang dapat mempercepat proses hidrasi pada beton sehingga dapat meningkatkan nilai kuat beton. Studi ini bertujuan untuk mengetahui apakah abu cangkang sawit dan kapur berpengaruh pada nilai kuat tekan, kuat Tarik belah, dan kuat Tarik lentur, mengetahui berapa nilai kuat tekan. Kuat Tarik belah, dan kuat Tarik lentur pada beton variasi abu cangkang sawit dan kapur. Penelitian ini dimulai dengan pengujian agregat kasar dan halus, kemudian melakukan analisis data, lalu mix design, pembuatan benda uji, perawatan, kemudian melakukan analisis data. Berdasarkan hasil penelitian menyatakan adanya pengaruh penggunaan abucangkang sawit dan kapur pada kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur. Nilai rata-rata kuat tekan beton yang dihasilkan dengan variasi persentase 0%, 13%, 18% pada umur 28 hari dengan nilai rata-rata berturut-turut sebesar 21.60Mpa, 23.73Mpa, 22.20Mpa. Nilai kuat Tarik belah dengan variasi persentase 0%, 13%, 18% pada umur 28 hari dengan nilai rata-rata berturut-turut sebesar 5.081Mpa, 5.896Mpa, dan 5.615 Mpa. Nilai kuat Tarik lentur dengan variasi persentase 0%, 13%, 18% pada umur 28 hari dengan nilai rata-rata berturut-turut sebesar 4.622Mpa, 5.360Mpa, dan 4.719Mpa.

Kata kunci: Beton, Abu Cangkang Sawit, Kapur.

## 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam pelaksanaan perencanaan bangunan. Penggunaan beton memiliki keunggulan-keunggulan diantaranya mempunyai kuat tekan yang tinggi, perawatan dan pembentukan yang mudah dapat dibuat dalam volume yang besar serta mudah mendapatkan bahan penyusunnya. Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit adalah abu yang telah mengalami proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 500-700 °C pada dapur tungku boiler yang dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit merupakan biomass dengan kandungan silica (SiO<sub>2</sub>) yang potensial untuk dimanfaatkan. Berdasarkan data pabrik salah satu perusahaan kelapa sawit PT. PN Nusantara II Padang Brahrang menunjukkan lebih dari 10 ton/minggunya menghasilkan cangkang dan serabut buah sawit yang dimanfaatkan sebagai bahan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan menghasilkan ± 3-5 ton/minggu kerak boiler. Penelitian ini memiliki maksud yaitu untuk merancang dan menciptakan inovasi bagi campuran beton dengan penambahan ab cangkang dan kapur yang diharapkan mampu memiliki keunggulan yaitu kuat, harga terjangkau serta ramah lingkungan. (Gunawan et al., n.d.-a).

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Beton adalah sebuah salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen portland atau semen hidrolis yang lain.

### Semen

Menurut (SNI 15-2049-2004, hal. 2) semen portland dibedakan menjadi 5 jenis atau tipe yaitu :

1. Semen Portland tipe I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain
2. Semen Portland tipe II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland tipe III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland tipe IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

5. Semen Portland tipe V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

### Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci). (SNI 1970-2008, hal. 2).

### Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4). (SNI 1970-2008, hal. 2)

### Air

Air yang digunakan untuk campuran dan perawatan harus bersih dan bebas dari minak, garam, asam, bahan nabati, lanau, lumpur atau bahan-bahan lain yang dalam jumlah tertentu dapat mempengaruhi kualitas beton (Balai Litbang Sabo, 2018). Air juga harus diuji sesuai dengan SNI 03-6817-2002 tentang Metode Pengujian Mutu Air untuk Digunakan dalam Beton.

### Abu Cangkang Sawit

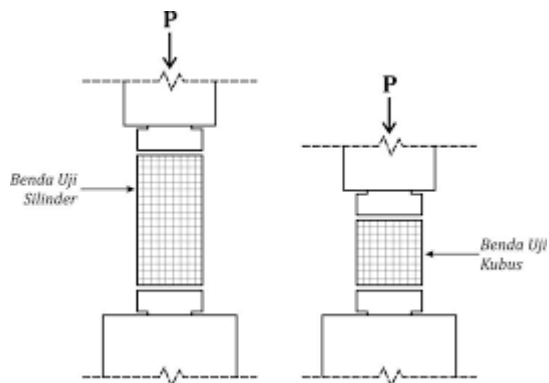
Abu cangkang sawit merupakan salah satu limbah dari pengolahan kelapa sawit. Abu sawit merupakan sisa dari pembakaran cangkang kelapa sawit dalam dapur atau tungku pembakaran dengan suhu +900°C. Selain itu, abu cangkang sawit juga mengandung dua senyawa utama yang bermanfaat dalam pembentukan semen, yakni Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>. Kedua senyawa tersebut nantinya dapat melebur menjadi kapur bebas atau CA(OH)<sub>2</sub> (Abdi Manaf, 2023).

### Kapur

Kalsium karbonat, atau yang biasa disebut CaCO<sub>3</sub> merupakan bentuk alami dari kapur, batu kapur, dan marmer, yang terbentuk dari sedimentasi atas fosil hewan bercangkang dan terumbu karang selama jutaan tahun. CaCO<sub>3</sub> merupakan material penyusun kerak bumi sebanyak 4%. Kalsium karbonat merupakan salah satu material yang sangat penting pada industri konstruksi sebagai material bangunan dan bahan tambahan semen. Mineral yang satu ini digunakan pada pembuatan adukan semen untuk perekat batu bata, balok beton, batu, atap sirap, dan

ubin. Kalsium karbonat jika terurai dapat membentuk karbon dioksida yang digunakan pada sektor industri untuk menetralkan kondisi asam dari tanah dan air.

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton secara keseluruhan menerima beban aksial tekan maksimum yang ditransferkan ke daerah penampang beton (benda uji). Besaran dari kuat tekan beton didapat dari beban aksial tekan maksimum persatuan luas penampang yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (*Compression Testing Machine*).



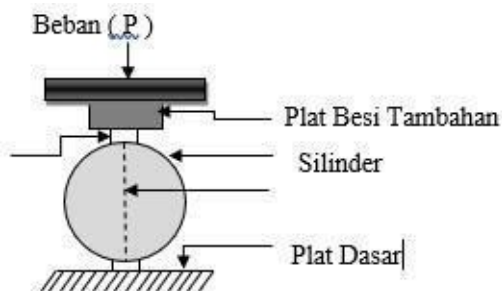
Gambar. Skema Uji Kuat Tekan Beton

$$f_{c'} = \frac{P}{A}$$

Dimana:

- $f_{c'}$  = kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = beban aksial tekan maksimal (N)
- A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Kuat tarik belah beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton. berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan (SNI 03- 2491- 2002). Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah adalah berupa silinder atau kubus sebagaimana yang digunakan untuk pengujian kuat tekan.



Gambar. Pengujian Kuat Tarik Belah

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi L D}$$

Dimana :

- $f_{ct}$  = kuat tarik belah ( N/mm<sup>2</sup>)
- P = beban uji maksimum ( N )
- L = tinggi benda uji silinder (mm )
- D = diameter benda uji silinder (mm)

Uji kuat lentur bertujuan untuk mengetahui kuat lentur pada beton. Dengan benda uji dibuat dengan penampang balok dengan ukuran lebar 15 cm, tebal 15 cm, panjang 64 cm. Pengujian dilakukan pada saat umur benda uji 28 hari. Dengan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut:

- a Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

- b Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut.

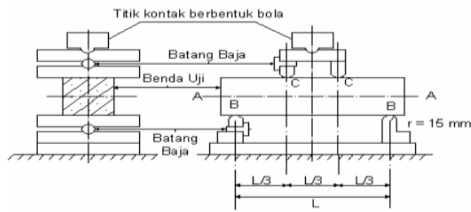
$$\sigma_1 = \frac{P \cdot a}{b \cdot h^2}$$

Dimana:

- $\sigma_1$  = Kuat lentur benda uji (Mpa)
- P = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka belakang koma)
- L = Jarak bentang antara duagaris perletakan (mm)
- b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
- a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuanluar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari batang (mm).

Catatan:

Untuk benda uji yang patahnya diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak digunakan.



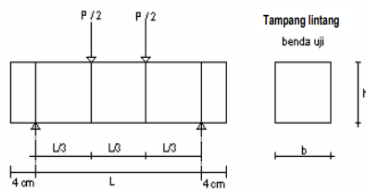
**Gambar 2.3** Benda uji kuat lentur ( SNI 4431:2011)

Keterangan gambar:

A-A = Sumbu memanjang

B = Titik-titik perletakan

C = Titik-titik pembebanan



**Gambar 2.4** Garis-garis perletakan dan pembebanan (SNI 4431:2011)

Keterangan gambar:

L = Jarak bentang antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampak lintang benda uji (cm)

h = Tinggi tampak lintang benda uji (cm)

p = Beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (kg)

### 3. METODE PENELITIAN

#### Rancangan Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah benda uji beton silinder yang dicampur dengan abu cangkang sawit dan kapur dengan variasi persentasi sebesar 0%; 10%; 15% dari volume total beton. Dimensi yang digunakan adalah 15 x 30 cm. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan, uji tarik belah. Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 7 dan 28 hari. Pelaksanaan penelitian terhadap benda uji meliputi dua analisis sebagai berikut:

1. Analisis teori atau studi literatur yaitu dengan cara menggunakan teori yang sudah ada sebelumnya untuk memprediksi sifat-sifat mekanik beton silinder yang dicampur dengan abu cangkang sawit dan kapur sehingga analisis ini akan menghasilkan nilai-nilai teoritis berdasarkan tinjauan pustaka.
2. Analisis data eksperimental, data teknis dari pengujian pada benda uji silinder yang akan menghasilkan nilai kuat tekan beton, kuat tarik belah beton.

#### Tempat Penelitian

1. Pengujian bahan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Pembuatan benda uji beton dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Pengujian sifat mekanis beton dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.

#### Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan untuk penelitian dan analisis data hasil penelitian dimulai pada bulan Mei 2024 sampai dengan bulan Juli 2024.

1. Persiapan Penelitian.
2. Pelaksanaan Penelitian.
3. Analisa Data dan Pelaporan.

#### Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peralatan.
  - a. Ayakan atau saringan
  - b. Timbangan digital dengan ketelitian 0,1%
  - c. Mesin Los Angeles
  - d. Oven
  - e. Piknometer dan gelas ukur
  - f. Gunting atau cutter
  - g. Mixer, pengaduk beton untuk mencampur bahan-bahan pengaduk beton agar dapat membentuk campuran yang homogen
  - h. Kerucut Abrams untuk pengujian keenceran adukan beton (nilai slump)
  - i. Cetakan benda uji silinder
  - j. Bak tempat perendaman beton
  - l. Compression testing machine (alat uji tekan)
  - m. Peralatan tambahan seperti loyang, ember, kuas, sendok semen, dan alat-alat penunjang lainnya.

#### Populasi dan Sampel

Tabel Variasi Pengujian Kuat Tekan Beton

Jenis Pengujian	Umur (Hari)	Perbandingan Semen : ACS : Kapur	Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tekan	28	100% : 0% : 0%	Silinder 15 x 30	3
Kuat Tekan	28	80% : 13% : 7%	Silinder 15 x 30	3
Kuat Tekan	28	75% : 18% : 7%	Silinder 15 x 30	3

Tabel Variasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Jenis Pengujian	Umur (Hari)	Perbandingan Semen : ACS : Kapur	Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tarik Belah	28	100% : 0% : 0%	Silinder 15 x 30	3
Kuat Tarik Belah	28	80% : 13% : 7%	Silinder 15 x 30	3
Kuat Tarik Belah	28	75% : 18% : 7%	Silinder 15 x 30	3

Tabel Variasi Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton

Jenis Pengujian	Umur (Hari)	Perbandingan Semen : ACS : Kapur	Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tarik Lentur	28	100% : 0% : 0%	Balok 15 x 15 x 64	3
Kuat Tarik Lentur	28	80% : 13% : 7%	Balok 15 x 15 x 64	3
Kuat Tarik Lentur	28	75% : 18% : 7%	Balok 15 x 15 x 64	3

### Metode Pengumpulan Data

#### Uji Kuat Tekan Beton

##### 1. Bahan

- Benda uji berupa beton silinder berukuran 15 cm x 30 cm berumur 7 dan 28 hari
- Bubuk belerang

##### 2. Alat

- Compression test machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Kompor
- Satu set alat *capping*

##### 3. Pelaksanaan

- Menimbang dan mencatat berat benda uji  
Panaskan bubuk belerang dengan suhu 200-1000°C hingga bubuk menjadi cair, kemudian tuangkan ke alat *capping*. Angkat benda uji beton dan letakkan secara tegak lurus pada alat *capping* dan pastikan cairan belerang tersebar secara merata, tambahkan cairan lewat samping

jika dirasa kurang rata. Tunggu hingga belerang mengering lalu angkat dan lepas benda uji dari alat *capping*. Hal ini dilakukan agar ketika benda uji beton diuji, permukaan sama rata sehingga beban tersebar dengan rata dan mendapatkan hasil yang baik.

- Diamkan benda uji hingga belerang benar-benar kering dan siap diuji
- Letakkan benda uji pada *compression test machine* dengan kondisi benda uji berdiri
- Jalankan *compression test machine* dengan penambahan beban yang konstan
- Hentikan pengujian jika benda uji telah hancur dan catatlah beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji selama pengujian benda uji beton.

#### Uji Kuat Tarik Belah

##### 1. Bahan

Benda uji berupa beton silinder berukuran 15 cm x 30 cm berumur 7 dan 28 hari

##### 2. Alat

- Compression test machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Spidol
- Penggaris
- Pelat dasar dengan permukaan datar

##### 3. Pelaksanaan

- Menimbang dan mencatat berat benda uji
- Memberi tanda pada sisi atas dan sisi bawah benda uji berupa garis diameter pada setiap akhir specimen sehingga garis diameter berada pada aksial yang sama
- Letakkan pelat dasar pada tengah mesin uji sebagai tumpuan perletakkan benda
- Letakkan benda uji diatas pelat dasar dan pastikan diameter berada tepat pada tengah pelat dasar. Berikan pasir atau kerikil pada samping kiri dan kanan benda uji agar benda uji tidak menggelinding
- Pasang bantalan penekan dan pastikan garis diameter terletak segaris dengan bagian tengah dari bantalan penekan. Setelah itu naikan mesin uji hingga menyentuh bagian atas bantalan penekan.
- Setelah benda uji dipastikan tidak geser lagi, bersihkan pasir atau kerikil di samping dan kiri benda uji
- Lakukan pembebanan hingga keruntuhan tarik terjadi
- Catatlah hasil beban maksimum benda uji selama pengujian berlangsung.

## Uji Kuat Tarik Lentur Beton

### 1. Bahan

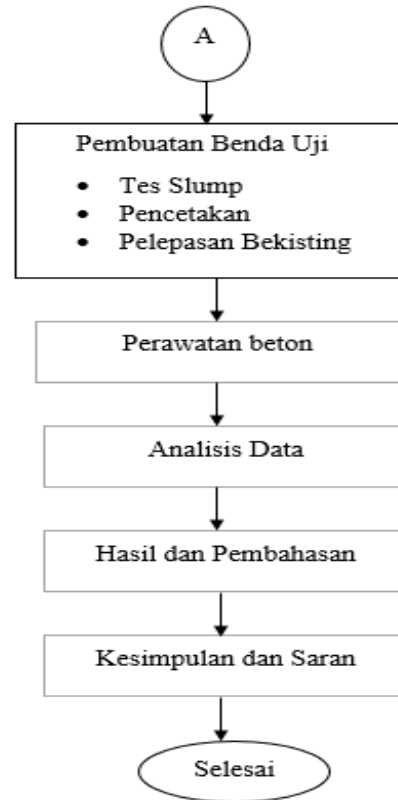
Benda uji yang digunakan berupa Balok berukuran 15 x 15 x 64 cm berumur 28 hari.

### 2. Alat

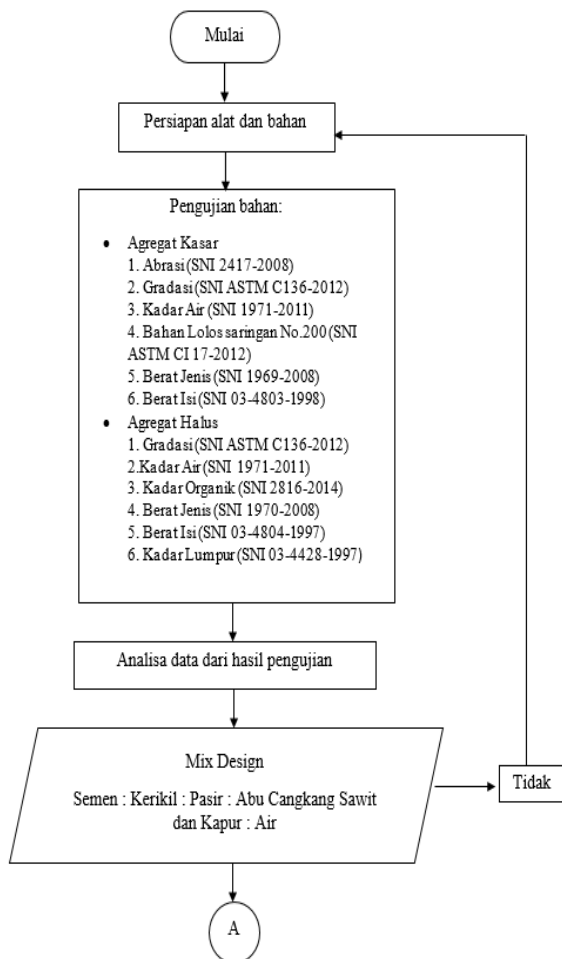
- a. Alat uji kuat lentur
- b. Timbangan digital
- c. Spidol
- d. Penggaris

### 3. Pelaksanaan

- a. Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- b. Timbang dan catatlah berat benda uji
- c. Letakkan benda uji pada mesin lentur secara sentris
- d. Jalankan mesin uji lentur.
- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji patah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji patah.
- f. Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.



## Bagan Alir Penelitian



## 4. Data Perencanaan

- $F'_c$  Rencana = 20 Mpa
- Slump Rencana = 120 mm  $\pm$  20 mm
- Tipe Semen = Tipe I
- Ukuran agregat kasar maks = 20 mm
- Zona agregat halus = Zone II
- Volume Campuran Beton =  $< 1000 \text{ m}^3$
- Jenis agregat halus = Dipecah
- $B_j$  agregat halus kondisi SSD = 2,75
- $B_j$  agregat kasar kondisi SSD = 2,68

## Menghitung Kuat Tekan Rencana

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standart
< 15	Lihat butir 4.2.3.1.1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
>25	1,00

Sumber (SNI 03-2834-2000)

Nilai kuat tekan rata-rata yang direncanakan

$$M = 1,64 \times Sr$$

$$= 1,64 \times 7$$

$$= 11,48 \text{ MPa} = 12 \text{ MPa}$$

$$f_{cr} = f_c + M$$

$$= 20 + 11,48$$

$$= 31,48 \text{ MPa} = 32 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f_c + 1,64 \times Sr$$

$$= 20 + 1,64 \times 7$$

$$= 31,48 \text{ MPa} = 32 \text{ MPa}$$

Keterangan :

$f'_{cr}$  = Rencana nilai kuat tekan  
 $S$  = Nilai Deviasi

Target nilai kuat tekan rata-rata diambil nilai tertinggi, jadi didapatkan nilai kuat tekan rata-rata yang akan ditargetkan  $f'_{cr}$  yakni 31,48 MPa.

### Menghitung Kebutuhan Bahan Pada Campuran Beton

#### ➤ Silinder

- Volume  $= \pi \cdot r^2 \cdot t$

$$= 3,14 \times 0,075^2 \times 0,3$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3/\text{silinder}$$

- Volume 6 silinder  $= 6 \times 0,0053 \text{ m}^3/\text{silinder}$

$$= 0,0318 \text{ m}^3$$

#### ➤ Balok

- Volume  $= p \cdot l \cdot t$

$$= 0,645 \times 0,152 \times 0,152$$

$$= 0,0149 \text{ m}^3/\text{silinder}$$

- Volume 3 Balok  $= 0,0447 \text{ m}^3/\text{silinder}$

#### ➤ Total Volume

$$= \text{Volume silinder} + \text{Volume balok}$$

$$= 0,0318 + 0,0447$$

$$= 0,0765 \text{ m}^3$$

#### ➤ Kebutuhan bahan untuk 6 buah silinder dan 3 buah balok dengan menggunakan faktor kehilangan = 1,22

- Semen

• 100%  $= 387,39 \times 0,0759 \times 1,22$

$$= 35,88 \text{ kg}$$

• 80%  $= \frac{387,39 \times 80 \times 0,0759 \times 1,22}{100}$

$$= 28,71 \text{ kg}$$

• 75%  $= \frac{387,39 \times 75 \times 0,0759 \times 1,22}{100}$

$$= 26,91 \text{ kg}$$

• Agregat Halus  $= 850,88 \times 0,0759 \times 1,22$

$$= 78,82 \text{ kg}$$

• Agregat Kasar  $= 956,58 \times 0,0759 \times 1,22$

$$= 88,61 \text{ kg}$$

• Air  $= 226,50 \times 0,0759 \times 1,22$

$$= 20,98 \text{ kg}$$

• Variasi Abu Cangkang Sawit dan Kapur

▪ Variasi ACS 13 %  $= \frac{387,39 \times 0,0759 \times 1,22 \times 13}{100}$

$$= 4,70 \text{ kg}$$

▪ Variasi ACS 18%  $= \frac{387,39 \times 0,0759 \times 1,22 \times 18}{100}$

= 6,46 kg

▪ Variasi CaCO<sub>3</sub> 7%

$$= \frac{387,39 \times 0,0759 \times 1,22 \times 7}{100}$$

= 2,51 kg

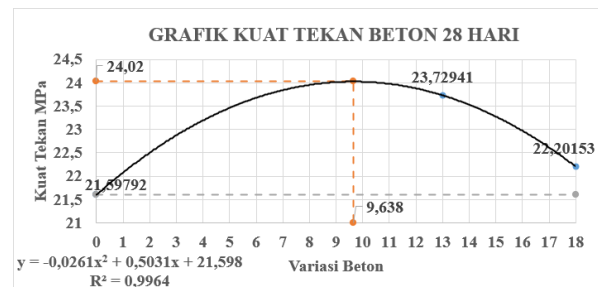
### Hasil Pengujian

- Kuat Tekan

Tabel 1 data uji kuat tekan umur 28 hari

No.	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umr (hari)	Mutu	Berat (kg)	Tekanan hancur (KN)	Tekanan hancur (MPa)	Tekanan Rata-Rata (MPa)
1	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,45	376	21,45	21,60
2	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,62	386	21,84	
3	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,57	380	21,50	
1	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,62	424	23,65	23,73
2	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,69	3418	23,65	
3	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,58	416	23,54	
1	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,55	392	22,18	22,20
2	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,47	384	21,73	
3	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	f <sub>c20</sub>	12,51	401	21,65	

Grafik 1 Kuat Tekan rata-rata beton umur 28 hari



Perhitungan regresi pada kekuatan tekan beton setelah umur ke- 28 hari, diperoleh sebuah persamaan yang kuat  $\hat{Y} = -0,0261x^2 + 0,5031x + 21,598$ , Koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 0,9964, dan koefisien korelasi adalah 0,9964. Koefisien tersebut menunjukkan bila kadar abu cangkang sawit dan kapur sebagai bahan tambah campuran pada beton memengaruhi 99,64% perubahan nilai kuat tekan.

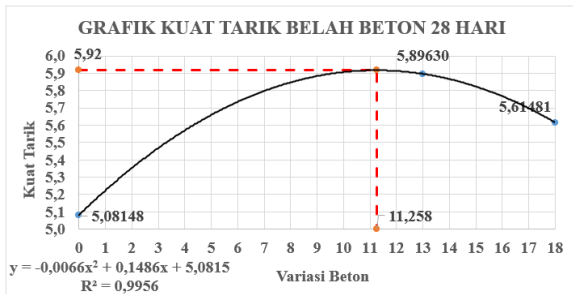


- Kuat Tarik Belah

Tabel 2 data uji kuat tarik belah beton umur 28 hari

No.	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Mutu	Berat kg	Beban maks (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah fct (MPa)
1	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	fc20	12,61	115	5,11	5,081
2	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	fc20	12,80	115	5,11	
3	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	fc20	12,44	113	5,02	
1	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	fc20	12,65	137	6,089	5,898
2	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	fc20	12,52	139	6,178	
3	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	fc20	12,72	122	5,455	
1	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	fc20	12,73	129	5,733	5,615
2	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	fc20	12,52	126	5,600	
3	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	fc20	12,48	124	5,511	

Grafik 2 kuat tarik belah beton umur 28 hari



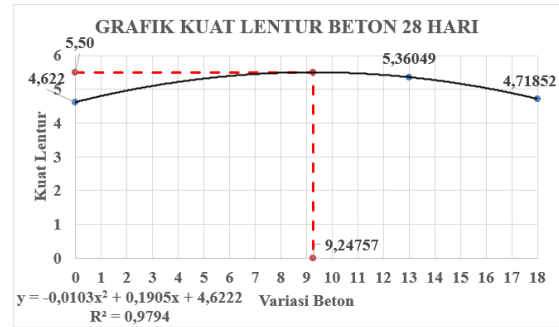
Perhitungan regresi pada kuat tarik belah beton setelah umur ke- 28 hari, diperoleh sebuah persamaan yang kuat  $\hat{Y} = -0,0066x^2 + 0,1486x + 5,0815$ , Koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 0,9956, dan koefisien korelasi adalah 0,9956. Koefisien tersebut menunjukkan bila abu cangkang sawit dan kapur sebagai bahan tambah campuran pada beton memengaruhi 99,56% perubahan nilai kuat tarik belah.

- Kuat Tarik Lentur

Tabel 3 data uji kuat tarik lentur beton 28 hari

No.	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat Kg	Beban maks (kN)	Letak Patah	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
1	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	35,64	23,50	Tengah	4,456	4,622
2	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	35,87	25,50	Tengah	4,836	
3	ACS 0%	29/06/2024	27/07/2024	28	35,35	23,00	Tengah	4,361	
1	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	35,93	28,50	Tengah	5,404	5,278
2	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	36,08	26,00	Tengah	4,930	
3	ACS 13%	03/07/2024	31/07/2024	28	36,69	29,00	Tengah	5,499	
1	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	35,98	23,50	Tengah	4,456	4,646
2	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	35,62	23	Tengah	4,361	
3	ACS 18%	04/07/2024	01/08/2024	28	36,17	27	Tengah	5,120	

Grafik 3 kuat tarik lentur beton umur 28 hari



Perhitungan regresi pada kuat tarik lentur beton setelah umur ke- 28 hari, diperoleh sebuah persamaan yang kuat  $\hat{Y} = -0,0103x^2 + 0,1905x + 4,6222$ , Koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 0,9794, dan koefisien korelasi adalah 0,9794. Koefisien tersebut menunjukkan bila kadar serat aluminium sebagai bahan tambah campuran pada beton memengaruhi 97,94% perubahan nilai kuat tarik lentur.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Setelah mengevaluasi hasil penelitian, kita dapat sampai pada kesimpulan bahwa penambahan abu cangkang sawit dan kapur berdampak pada kekuatan beton. Kesimpulan ini sejalan dengan rumusan masalah, yaitu:

1. Adanya pengaruh penggunaan abu cangkang sawit dan kapur pada kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur.
2. Nilai rata-rata kuat tekan beton yang dihasilkan dari penggunaan abu cangkang sawit dan kapur dengan variasi 0%, 13%, dan 18% pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan beton berturut-turut sebesar 21,60 MPa, 23,73 MPa, dan 22,20 MPa.

Nilai rata-rata kuat tarik belah beton yang dihasilkan dari penggunaan abu cangkang sawit dan kapur dengan variasi 0%, 13%, dan 18% pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tarik belah beton berturut-turut sebesar 5,081 MPa, 5,896 MPa, dan 5,615 MPa.

Nilai rata-rata kuat tarik lentur beton yang dihasilkan dari penggunaan abu cangkang sawit dan kapur dengan variasi 0%, 13%, dan 18% pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tarik lentur beton berturut-turut sebesar 4,622 MPa, 5,360 MPa, dan 4,719 MPa.



## Saran

Setelah melihat hasil penelitian ini dan menyadari adanya kekurangan dalam penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Penyiapan ataupun pemilihan jenis agregat sebaiknya dilakukan secara lebih baik dan lebih teliti, sehingga kualitas dari agregat yang digunakan sangat baik dan dapat menghasilkan kuat uji beton sesuai dengan perencanaan.
2. Disarankan untuk menggunakan benda uji yang lebih banyak, karena semakin banyak jumlah benda uji pada setiap variasi dapat memperkecil kesalahan yang terjadi pada data hasil penelitian.
3. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk memulai dari variasi terkecil seperti 5%, agar memperkecil kesalahan yang terjadi pada data hasil pengujian.

## Daftar Pustaka

- Abdi Manaf, I. R. A. N. (2023). *PENGARUH ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI SEMEN PADA BETON BERPORI*.
- Admin. (2020, December 7). *Apa itu Beton? Definisi & Sejarah Beton*.
- Anonim. (1990). *SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2000). *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2002a). *SNI 03-2491-2002 Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2002b). *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional .
- Anonim. (2011a). *SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2011b). *SNI 2493-2011 Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboraterium*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2013a). *ASTM C31-10 Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Spesimen Uji Beton Di Lapangan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2013b). *SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2019). *SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Dandi, N. (n.d.). *Studi Pemanfaatan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Beton*.
- Gunawan, H. C., Mungok, C. D., & Lestyowati, Y. (n.d.-a). *PEMANFAATAN ABU BOILER CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN BETON*.
- Jupriah Sarifah, B. P. (2017). *PENGARUH PENGGUNAAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT GUNA MENINGKATKAN STABILITAS TANAH LEMPUNG*.
- Setiyarto, Y. D., Haekal, M., & Pahlevi, A. (n.d.). *Potensi Penggunaan Abu dan Kapur untuk Mengurangi Jumlah Semen dalam Campuran Beton Potential Use of Ashes and Lime to Reduce the Number of Cements in Concrete Mixes*.
- Sutikno, 2003:1 dalam Supriadi, 2016. (n.d.). *Pengertian beton*.

