



## Testing the Compressive Strength of Concrete with the Addition of Coconut Shell Waste

Nadya Ayu Pratiwi<sup>1)</sup>, Irwan Lakawa<sup>2\*)</sup>, Sulaiman<sup>3)</sup>, Hujiyanto<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

<sup>3)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

<sup>4)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

\*Corresponding author. [ironelakawa@gmail.com](mailto:ironelakawa@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Beton, Kuat Tekan,  
Limbah tempurung  
Kelapa

#### How to cite:

Nadya Ayu Pratiwi,  
Irwan Lakawa, Sulaiman,  
Hujiyanto(2022).  
Penguujian Kuat Tekan  
Beton Dengan  
Penambahan Limbah  
Tempurung Kelapa

#### Abstracting and Indexing:

- [Google Scholar](#)

### ABSTRACT

*The purpose of this study was to (1) analyze the characteristics of fresh concrete with the addition of coconut shell waste (2) to analyze the compressive strength of concrete with the addition of coconut shell. The research location for making concrete was carried out at the Laboratory of the construction of the water resources and community development department of the Southeast Sulawesi provincial government. There were 24 specimens printed in the form of a cylinder with dimensions of 30cm x 15cm with the composition of adding 0%, 5%, 10%, and 15% coconut shell waste. Which was then tested for compressive strength at the age of 7, 14, and 28 days. Based on the compressive strength test with a quality plan of  $f'c$  20 MPa, on the 28 day test with the addition of 0% is 23.71 MPa, the addition of 5% is 20.59 MPa, the addition of 10% is 19.97 MPa, and an additional 15% is 13.53 MPa. Coconut shell as a substitute for coarse aggregate for quality  $f'c$  20 MPa can only be used under 10% of the amount of coarse aggregate.*

Copyright © 2022SCiEJ. All rights reserved.

## 1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu komponen terpenting dalam suatu bangunan karena beton merupakan salah satu elemen penyusun struktur, hal ini dikarenakan sistem struktur beton mempunyai banyak keunggulan, salah satunya adalah tahan terhadap tegangan tekan dan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Pada dasarnya beton dibuat dengan mencampurkan semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat kasar, agregat halus (pasir) dan air menjadi satu kesatuan, kemudian mengeras dalam jangka waktu tertentu. Sifat beton yang umum diamati adalah kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur. Kinerjanya sangat

bergantung pada beberapa faktor, antara lain kualitas bahan dasar yang digunakan untuk membuat beton, komposisi campuran, umur dan kondisi cuaca atau faktor lingkungan. (Lumbangaol.P,dkk (2021)

Perkembangan teknologi beton saat ini memerlukan upaya peningkatan kinerja beton yang didapatkan baik dari segi kualitas bahan serta metode, hal ini tidak terlepas dari tuntutan masyarakat akan infrastruktur yang semakin tinggi permintaan akan material beton semakin tinggi, tingginya permintaan beton pada konstruksi dengan memakai agregat kasar secara drastis mengurangi deposit batu alam serta hal ini bisa merusak lingkungan terutama di wilayah sungai sebagai akibat penyebabnya ketidakseimbangan ekologi, perlu diperhatikan dan dicari bahan pengganti yang cocok untuk penggantinya. Sejalan dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi beton yang dikembangkan serta ditingkatkan kualitasnya untuk menjadi lebih baik salah satunya ialah menggunakan bahan substitusi pada komponen campuran beton. Sentral produksi kelapa butir dunia berdasarkan data FAO tahun 2014 -2018 berada di lima negara yaitu Indonesia, Filipina, India, Sri Lanka dan Brasil. Dari pusat-pusat produksi tersebut, Indonesia menempati urutan pertama sebagai negara produsen kelapa terbesar di dunia dengan rata-rata produksi 18,04 juta ton kelapa butir.

Dikarenakan Indonesia berada di nomor satu penghasil kelapa otomatis limbah yang di hasilkan banyak. Pada penelitian ini bahan tambah substitusi yang digunakan adalah pecahan tempurung kelapa dikarenakan permukaan tempurung kelapa kasar serta kerasnya relatif tinggi yang dapat mengikat tempurung kelapa dengan pasta semen akan semakin kuat. Pemanfaatan limbah tempurung kelapa pada penelitian ini merupakan sebagai upaya alternatif pengganti agregat kasar atau batu pecah untuk campuran beton, untuk mengetahui bagaimana perilaku beton menggunakan agregat kasar tempurung kelapa pada penelitian ini digunakan tempurung kelapa sebanyak 0%, 5%,10%, dan 15% dari berat total agregat kasar.

## **2. Tinjauan Pustaka**

### **A. Pengertian Beton**

Beton didefinisikan sebagai campuran dengan beberapa bahan seperti semen Portland atau semen hidrolik jenis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air baik dengan adanya bahan tambah atau tanpa bahan tambah yang membentuk padat (SNI 03-2834-2000).

### **B. Material Penyusun Beton**

#### **1. Semen Portland**

Semen Portland Portland Cement (PC) atau semen adalah bahan yang bertindak sebagai bahan pengikat agregat, jika dicampur dengan air semen menjadi pasta. Dengan proses waktu dan panas, reaksi kimia akibat campuran air dan semen menghasilkan sifat perkerasan pasta semen. Penemu semen (Portland Cement) adalah Joseph Aspdin pada tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Dinamakan semen portland, karena awalnya semen dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau Portland.

#### **2. Agregat**

Agregat adalah istilah kolektif untuk bahan material seperti pasir, kerikil dan batu pecah yang digunakan dengan media pengikat seperti air, semen, kapur, dll. Untuk membentuk bahan campuran misalnya beton. Agregat sebagai salah satu bahan penyusun

beton yang memiliki fungsi untuk mengurangi susut beton dan mempengaruhi nilai keekonomisan beton (Hadi, P.N., dkk.2019).

**a. Agregat Kasar**

Agregat adalah suatu butiran alami atau buatan yang dipergunakan sebagai bahan pengisi beton dan mengisi hampir 70 % dari volume beton. Agregat kasar adalah berasal dari batu alam yang dipecah sehingga menjadi sedemikian rupa melalui industri pemecah batu dan mempunyai ukuran berkisar antara 5 mm–40 mm (SNI 03-2834-2000).

**b. Agregat Halus**

Agregat dikatakan sebagai agregat halus jika besar butirannya kurang lebih sebesar 4,75. Di dalam SNI 03- 2834-2000 dikatakan bahwa agregat halus merupakan pasir alam yang berasal dari hasil desintegrasi batuan atau pasir secara alami yang mempunyai ukuran butir sebesar 5,0 mm.

**3. Air**

Air digunakan untuk menjadi bahan pencampur dan untuk bereaksi dengan semen. Pemberian air yang berlebihan terhadap campuran beton akan menyebabkan mutu beton menurun. Adapun Spesifikasi air berdasarkan SNI 03-2847-2002 sebagai berikut.

- a. Air tidak mengandung asam, oli, alkali, bahan organik, atau bahan lainnya yang dapat merugikan beton.
- b. Air yang digunakan tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

**4. Tempurung Kelapa**

Material substitusi campuran beton yang digunakan adalah tempurung kelapa sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar. Tempurung kelapa merupakan limbah (sisa pengolahan) dari rumah tangga atau industri yang menggunakan kelapa sebagai bahan utama. Merupakan suatu tantangan untuk memanfaatkan tempurung kelapa kelapa secara optimal, apabila tempurung kelapa dapat dibuktikan secara teknis sebagai bahan/agregat untuk campuran beton, maka diharapkan dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan mempunyai nilai tambah secara ekonomi bagi masyarakat.

Berat tempurung sekitar 15-19% bobot total buah kelapa dengan ketebalan 3-5 mm. Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras, secara kimiawi memiliki komposisi kimiawi yang hampir mirip dengan kayu yaitu tersusun dari lignin 36,51%, selulosa 33,61%, semiselulosa 29,27%. Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah sebagai pelindung inti buah dan terletak dibagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 3-6 mm.

Tempurung kelapa adalah salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya cukup baik dijadikan arang aktif. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO<sub>2</sub>) yang cukup tinggi kadarnya di tempurung tersebut. Berat tempurung kelapa sekitar 15% – 19% dari berat keseluruhan buah kelapa, sedangkan tebalnya sekitar 3 mm – 5 mm.

**C. Pengujian Workability (Slump Test)**

Uji slump merupakan suatu uji empiris atau metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi atau kekakuan dari campuran beton segar (fresh concrete). Uji slump dapat menunjukkan kekurangan, kelebihan, atau kecukupan air yang digunakan dalam pembuatan

beton tersebut. Nilai slump ditentukan oleh besarnya penurunan adukan beton dalam slump setelah alat slump diangkat. Nilai slump yang dihasilkan jika lebih besar dari nilai slump rencana maka adukan encer dan nilai workability akan semakin tinggi, dan sebaliknya jika nilai slump lebih kecil dari nilai slump rencana maka adukan kental dan nilai workability akan semakin rendah.

#### D. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji pada umur 28 hari.

Kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas dan dinyatakan dengan Mpa. Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) dilakukan dengan melakukan uji silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada umur 28 hari dengan tingkat pembebanan tertentu. Selama periode 28 hari silinder beton ini biasanya ditempatkan dalam sebuah ruangan dengan temperatur tetap dan kelembapan 100%.

Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1990/ SNI 03-1974-1990) yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan.

Kekuatan adalah sifat utama yang harus dimiliki oleh beton, sebab beton yang tidak cukup menurut kebutuhan menjadi tidak berguna. Sifat ini berguna untuk menahan terjadinya kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh tegangan yang timbul akibat adanya beban atau faktor lain. Kekuatan tekan beton didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi dalam benda uji pada pemberian beban hingga benda uji tersebut hancur. Pengukuran kuat tekan beton didasarkan pada (SNI 03-1974-1990). Beban yang bekerja atau terdistribusi secara kontinyu melalui titik berat, kemudian dihitung dengan rumus:

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

Keterangan :

$F_c$  = Kuat tekan beton (MPa)

$P$  = Beban Maksimum Yang Bekerja, Terbaca Dalam Alat Uji (N)

$A$  = Luas penampang ( $cm^2$ )

#### E. Perawatan Beton

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembetonan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (kira-kira selama 28 hari). Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air didalam beton segar tidak keluar. Hal ini untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, karena udara yang panas maka akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, dan beton segar kekurangan air untuk hidrasi, sehingga timbul retak-retak pada permukaan betonnya (Tjokrodimuljo, 2007).

### 3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimental yaitu dengan melakukan serangkaian pengujian di laboratorium. Adapun langkah – langkah analisis yang digunakan pada penelitian ini disesuaikan dengan rumusan masalah penelitian yaitu:

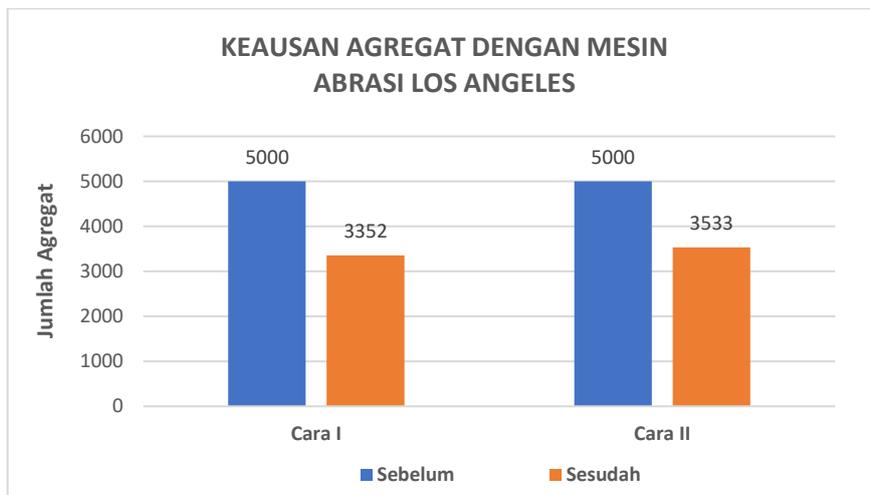
- Melakukan pemeriksaan dari persyaratan bahan penyusun beton seperti, Pasir yang diambil dari Pohara, Batu pecah dari Moramo dan tempurung kelapa di ambil dari limbah pasar yang ada di Kendari.
- Menghitung kebutuhan dari bahan komposisi bahan penyusun beton, seperti semen, pasir, kerikil, tempurung kelapa sebagai bahan tambah yang berukuran 2 cm x 3 cm
- Membuat benda uji dari komposisi yang telah dihitung pada langkah 2 (dua) dalam hal ini komposisi penambahan tempurung kelapa dengan persentase 0%, 5%, 10%, dan 15% pada umur 7, 14, dan 28 hari.
- Melaksanakan pengujian slump test untuk mengetahui karakteristik kekentalan dari beton segar yang di tambahkan limbah tempurung kelapa.
- Melaksanakan perawatan beton (curing) dengan cara beton dilakukannya perendaman beton.
- Melaksanakan pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari.
- Menentukan perbandingan nilai slump yang di dapat dari komposisi yang telah di rencanakan
- Menentukan perbandingan kuat tekan dengan masing- masing persentase penambahan limbah tempurung kelapa.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### A. Pemeriksaan Bahan Material Agregat Kasar

##### 1) Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Cara uji ini sebagai pegangan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles. Tujuannya untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan terhadap berat semula dalam persen. Hasilnya dapat digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan bahan konstruksi beton. Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles agregat kasar terdapat pada grafik 1.

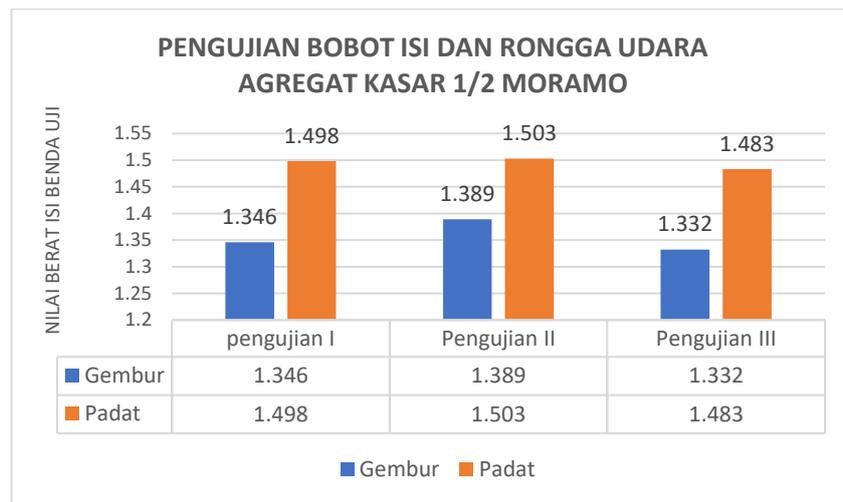


**Grafik 1** Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Sumber: Hasil Penelitian 2022

Pada grafik 1 dapat dijelaskan bahwa sebelum abrasi agregat kasar dimasukkan ke dalam mesin abrasi los angeles sebanyak 5,000kg kemudian setelah diabrasi di saring dengan saringan nomor 12 menghasilkan cara 1 yaitu 3,352 kg cara 2 yaitu 3,533 kg, dilakukan pengujian 2 kali untuk adanya perbandingan kemudian di cari nilai keausan antara cara 1 dan cara 2 kemudian yang digunakan adalah rata- rata keausan dari cara 1 dan cara 2 yaitu mendapatkan nilai keausan 31,150 %.

## 2) Uji Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat Kasar



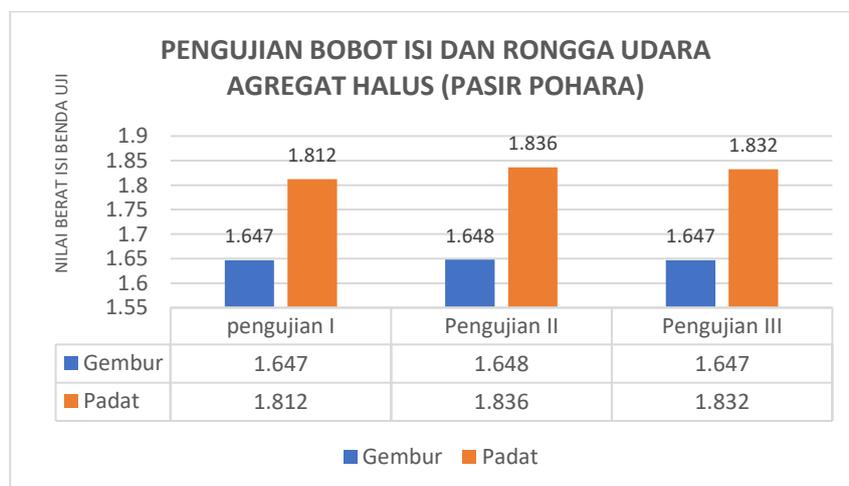
**Grafik 2** Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Batu Pecah ½ Moramo

Sumber: Hasil Penelitian 2022

Pada grafik 2 dapat dijelaskan pada pengujian bobot isi pengujian 1, pengujian 2 dan pengujian 3 memiliki nilai bobot isi yang berbeda dari ketiga bobot isi yang berbeda maka akan di ambil bobot isi rata – rata dari ketiga pengujian tersebut yaitu rata- rata bobot isi gembur 1,356 kg dan rata – rata bobot isi gembur adalah 1,495.

## B. Pemeriksaan Bahan Material Agregat Halus

### 1) Uji Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat Halus



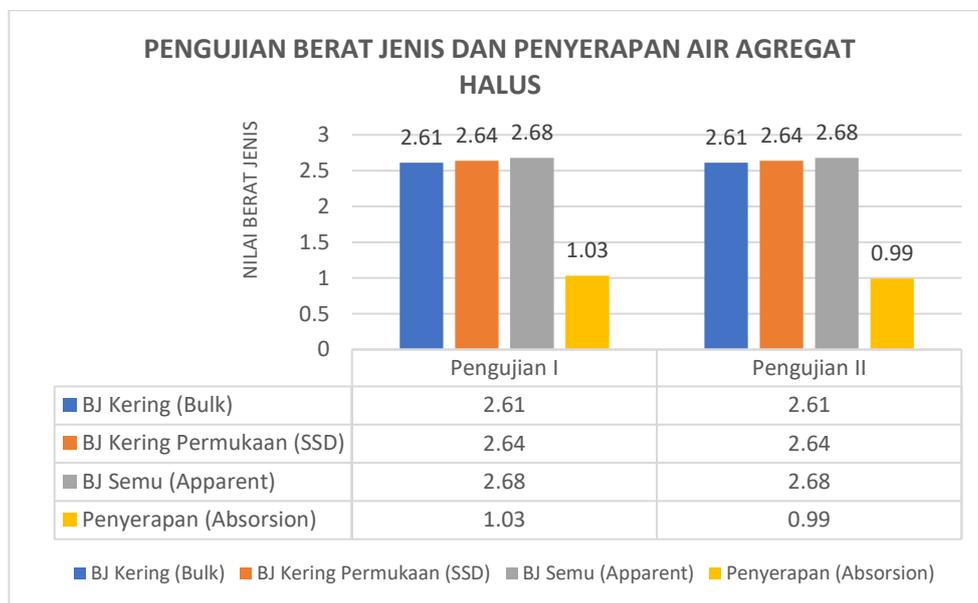
**Grafik 3** Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara Pasir Pohara

Sumber: Hasil Penelitian 2022

Pada grafik 3 dapat dijelaskan pada pengujian bobot isi pengujian 1, pengujian 2 dan pengujian 3 memiliki nilai bobot isi yang berbeda dari ketiga bobot isi yang berbeda maka akan di ambil bobot isi rata – rata dari ketiga pengujian tersebut yaitu rata- rata bobot isi gembur 1,647 kg dan rata – rata bobot isi gembur adalah 1,827.

## 2) Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Berat jenis curah pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termaksud beton semen, beton aspal dan campuran lain yang diproporsikan atau dianalisis berdasarkan volume absolut. Berat jenis curah yang ditentukan pada kondisi jenuh kering permukaan digunakan apabila agregat dalam keadaan basah yaitu kondisi penyerapan sudah terpenuhi, sedangkan berat jenis curah yang ditentukan pada kondisi kering oven digunakan untuk menghitung ketika agregat dalam keadaan kering atau diasumsikan kering. Metode berat jenis dan penyerapan air



**Grafik 4** Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Pasir Pohara  
*Sumber: Hasil Penelitian 2022*

Pada grafik 4 dapat dijelaskan bahwa berat jenis pada pengujian I yaitu 2,61 dan berat jenis pengujian II yaitu 2,61 jadi dari kedua pengujian tersebut di ambil rata – rata nya adalah 2,61, kemudian berat jenis kering permukaan (SSD) pada pengujian I yaitu 2,64 dan pada pengujian II yaitu 2.64 jadi dari kedua pengujian tersebut diambil rata – ratanya adalah 2,64, kemudian berat jenis kering semu (Apparent) pada pengujian I yaitu 2.68 dan pada pengujian II yaitu 2,68 jadi dari kedua pengujian tersebut diambil rata – ratanya adalah 2,68, kemudian penyerapan (Absorsion) pada pengujian I yaitu 1,03 dan pada pengujian II yaitu 0,99 jadi dari kedua pengujian tersebut diambil rata – ratanya adalah 1,01.

## 3) Pemeriksaan Kotoran Organik Agregat Halus

Tujuan dari pemeriksaan kotoran organik adalah bahan organik yang terdapat didalam pasir alam, ini menimbulkan efek yang merugikan terhadap mortar atau beton. Adapun cara melakukan pengujian kotoran organik adalah:

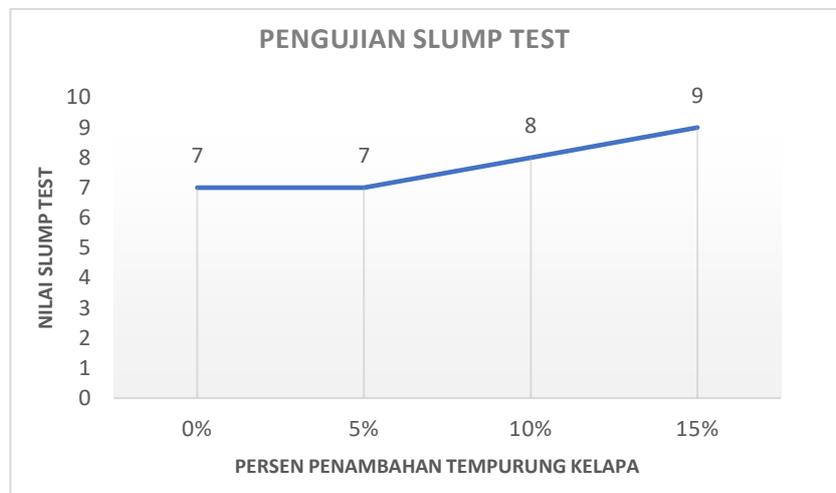


**Gambar 1** Pengujian Kotoran Organik Pada Agregat Kasar  
*Sumber: Hasil Penelitian 2022*

Pada gambar 1 dapat dijelaskan bahwa pasir pohara setelah melalui perendaman didalam larutan NaOH, Selama 24 jam maka hasilnya menunjukkan berada pada nomor 2, jadi pasir pohara dinyatakan dapat digunakan dalam penelitian. Agregat halus yang tidak memenuhi spesifikasi jika hasil pengujian nya menunjukkan nomor warna di atas 4.

### C. Karakteristik Beton Segar Dengan Campuran Tempurung Kelapa

Untuk mengetahui karakteritik beton segar harus dilakukan pengujian slump beton dimana pengujian ini untuk mengetahui besaran kekentalan (viscosity)/ plastisitas dan kohesif dari beton segar.

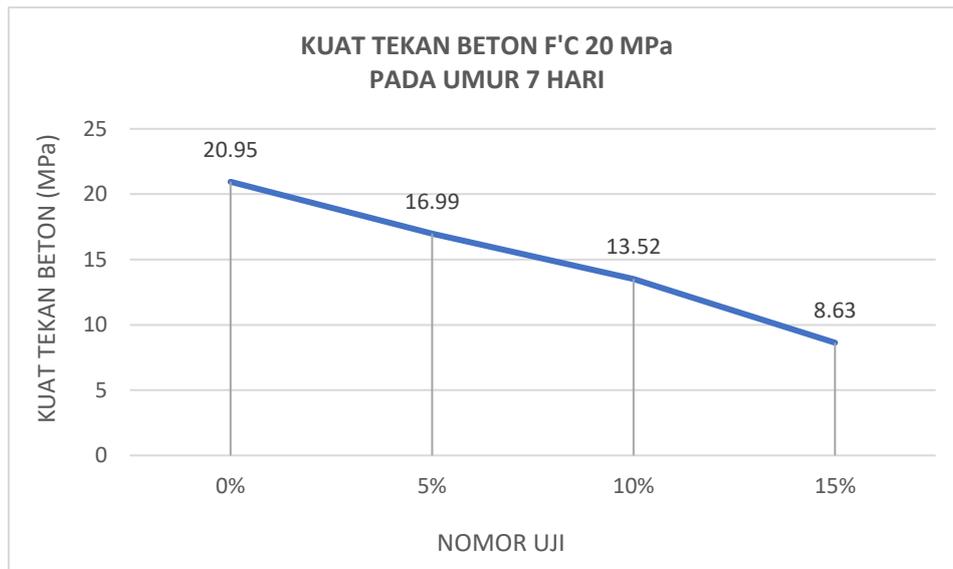


**Grafik 5** Pengujian Slump Test  
*Sumber: Hasil Penelitian 2022*

Pada grafik 5 dapat dijelaskan bahwa semakin besar penambahan tempurung kelapa maka nilai slump test yang diperoleh akan semakin besar. Dikarenakan di tempurung kelapa mempunyai penyerapan air yang besar.

### D. Besar Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Limbah Tempurung Kelapa

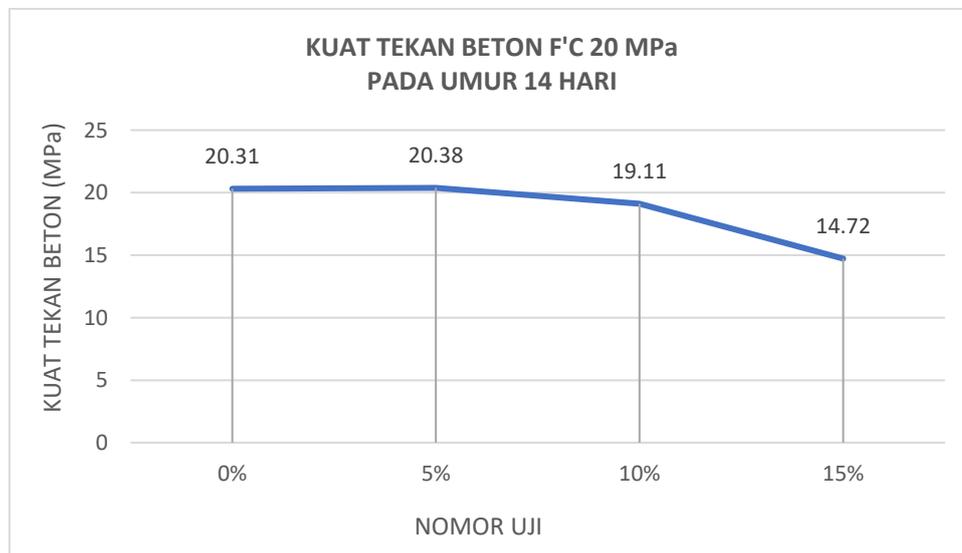
Berdasarkan uji Laboratorium Unit Pelaksana Teknis Dinas Laboratorium Dinas Sumber Daya Air Dan Bina Marga Provinsi Sulawesi Tenggara, maka didapatkan besaran kuat tekan beton dari bahan tambah limbah tempurung kelapa dengan ukuran presentase campuran yang bervariasi dengan ukuran silinder 15 cm x 30 cm.



**Grafik 6** Besar Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

*Sumber: Hasil Penelitian 2022*

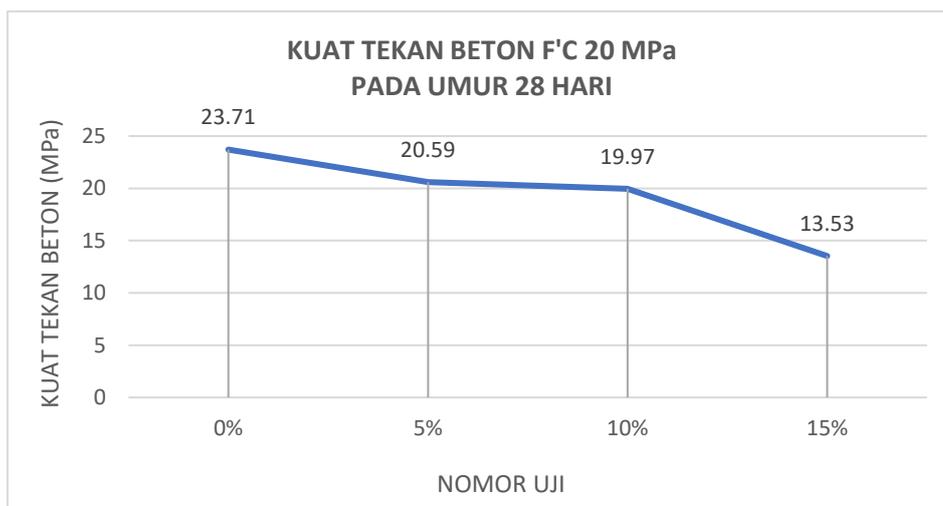
Berdasarkan grafik 6 besar kuat tekan beton umur 7 hari dengan bahan tambah limbah tempurung kelapa sebagai bahan agregat kasar didapat kuat tekan yaitu variasi 0% adalah 20,95%, variasi 5 % adalah 16,99 MPa, variasi 10% adalah 13,52 MPa, variasi 15% adalah 8,63 MPa.



**Grafik 7** Besar Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 Hari

*Sumber: Hasil Penelitian 2022*

Berdasarkan grafik 7 besar kuat tekan beton umur 14 hari dengan bahan tambah limbah tempurung kelapa sebagai bahan agregat kasar didapat kuat tekan yaitu variasi 0% adalah 20,31%, variasi 5 % adalah 20,38 MPa, variasi 10% adalah 19,11 MPa, variasi 15% adalah 14,72 MPa.



**Grafik 8** Besar Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 Hari

Sumber: Hasil Penelitian 2022

Berdasarkan grafik 8 besar kuat tekan beton umur 14 hari dengan bahan tambah limbah tempurung kelapa sebagai bahan agregat kasar didapat kuat tekan yaitu variasi 0% adalah 20,31%, variasi 5 % adalah 20,38 MPa, variasi 10% adalah 19,11 MPa, variasi 15% adalah 14,72 MPa.

### 3) Kesimpulan

Beton segar dengan campuran tempurung kelapa, memiliki karakteristik semakin besar persentase penambahan limbah tempurung kelapa dalam beton maka nilai slump test yang didapatkan semakin besar. Berdasarkan pengujian kuat tekan dengan perencanaan mutu  $f'c$  20 MPa, pada pengujian 28 hari dengan penambahan 0% yaitu 23,71 MPa, Penambahan 5% yaitu 20,59 MPa, Penambahan 10% yaitu 19,97 MPa, Dan penambahan 15% yaitu 13,53 MPa. Tempurung kelapa sebagai bahan substitusi agregat kasar untuk mutu  $f'c$  20 MPa hanya dapat di gunakan di bawah 10% dari jumlah agregat kasar.

### REFERENSI

Hadi,P.N.,dkk.2019."Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton". Jurnal Widyaka,Vol.6 No 1.

Lumbangaol.P.,Yusac.P.2021."Pengaruh Penggunaan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal", Jurnal Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen.

SNI 03-2834-2000. "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal",ICS 91.100.30, Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-1974-1990. "Standar Nasional Indonesia Metode pengujian kuat tekan beton". ICS 91.100.30. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2847-2002." Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung". Standar nasional Indonesia

Tjokrodimuljo, 2007. "Teknologi Beton", Biro penerbit, Yogyakarta.