

**PENGARUH KEKUATAN SISA SILINDER BETON  
TERHADAP KUAT TEKAN DENGAN MENGGUNAKAN  
HAMMER TEST**

**TUGAS AKHIR**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari  
Universitas Fajar**



**Oleh :  
FILESTIA KOMBONG BUA'  
1820121157**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR  
MAKASSAR  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH KEKUATAN SISA SILINDER BETON TERHADAP KUAT  
TEKAN DENGAN MENGGUNAKAN HAMMER TEST**

Oleh :

**FILESTIA KOMBONG BUA'**

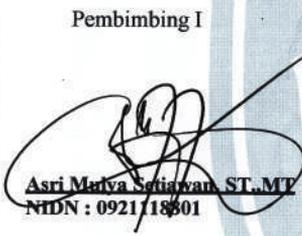
**1820121157**

Menyetujui Tim Pembimbing

Makassar, 1 Oktober 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Asri Mulya Satiawan, ST., MT.  
NIDN : 0921118301

  
Dr. Ir. Nur Khafat Nur., ST., MT., ACPE., IPM., ASEAN. Eng  
NIDN: 0901107301

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Fajar

  
Prof. Dr. Ir. Erniati., ST., MT.  
NIDN : 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Universitas Fajar

  
Fatmawaty Rachim, ST., MT.  
NIDN : 0919117903

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis Dengan Ini Menyatakan Bahwa Tugas Akhir “Pengaruh Kekuatan Sisa Silinder Beton Terhadap Kuat Tekan Dengan Menggunakan *Hammer Test*” adalah karya orisinal saya dan setiap serta sumber acuan yang ditulis sesuai dengan panduan penulisan ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 20 Februari 2024

Yang Menyatakan,  
  
Filestia Kombong Bua

## **ABSTRAK**

**Pengaruh Kekuatan Sisa Silinder Beton Terhadap Kuat Tekan Dengan Menggunakan Hammer Test, Filestia Kombong Bua'**. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat beton dengan menggunakan hammer test, dan menganalisis pengaruh kekuatan sisa silinder terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan hammer test. Teknik analisis data yang dipakai merupakan analisis deskriptif, yaitu bentuk analisis yang menaruh gambaran data diperoleh menurut output penggunaan limbah beton menjadi pengganti agregat kasar menggunakan variasi limbah beton yang di pakai sebanyak 0%, 50% dan 100%. Pengumpulan data nantinya akan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, diantaranya proses benda uji berupa data dari hasil pengujian dari uji kuat hammer test pada beton sisa silinder. Dari hasil pengujian sampel dan pengolahan data, hasil yang di dapat adalah berdasarkan data pengujian kekuatan sisa silinder beton didapatkan nilai kuat tekan yang hampir sama dengan nilai kuat tekan sebelum benda di uji untuk variasi 0% 22.66 Mpa, untuk hasil variasi 50% 23Mpa, dan untuk hasil kuat tekan variasi 100% yaitu 22,6Mpa, untuk variasi 0%, 50%, dan 100% tidak memenuhi nilai kuat tekan beton mutu normal.

Kata Kunci: Silinder Beton, Hummer Test, Agregat Kasar

## **ABSTRACT**

**Effect of Residual Concrete Strength on Compressive Strength Using a Hammer Test, Filestia Kombong Bua'**. The purpose of this study was to determine the strength of concrete using a hammer test, and to analyze the effect of the residual strength of the cylinder on the compressive strength of concrete using a hammer test. The data analysis technique used is descriptive analysis, namely a form of analysis that puts an overview of the data obtained according to the output of the use of waste concrete as a substitute for coarse aggregate using variations of concrete waste used as much as 0%, 50% and 100%. Data collection will later be carried out at the Civil Engineering Laboratory of Fajar University, including the process of test objects in the form of data from the test results of the hammer strength test on the remaining concrete cylinders. From the results of sample testing and data processing, the results obtained are based on the remaining strength test data of concrete cylinders, the compressive strength values are almost the same as the compressive strength values before the object was tested for variations of 0% 22.66 Mpa, for variations of 50% 23Mpa, and for the compressive strength results of 100% variation, namely 22.6Mpa, for variations of 0%, 50%, and 100% do not meet the compressive strength values of normal quality concrete.

**Keywords:** Concrete Cylinder, Hummer Test, Coarse Aggregate

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa. Atas berkatnya sehingga proposal penelitian ini dapat terselesaikan yang berjudul **“Pengaruh Kekuatan Sisa Silinder Beton Terhadap Kuat Tekan Dengan Menggunakan Hammer Test ”**. Dengan sebatas pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki.

Tak lupa pada lembaran ini penulis hendak menyampaikan terima kasih sedalam-dalamnya kepada diri sendiri yang senantiasa kuat, konsisten dalam perjuangan serta usaha kecil dalam memahami tanggung jawab, penulis terikat janji untuk menuntaskan segala sesuatu yang telah dimulainya meski dengan segala keterbatasan yang tak jarang ditemui dalam perjalanannya

Penulis menyadari bahwa selesainya proposal penelitian ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, doa, dan bantuan dari semua pihak. Sejak dari penyusunan hingga selesainya proposal penelitian ini adalah berkat keterlibatan berbagai pihak. Olehnya pada kesempatan penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang mendukung dalam penyusunan proposal ini, saya ucapkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa Yang telah memberikan kesehatan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan proposal ini dengan tepat waktu
2. Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan bantuan, motivasi, dan doa yang tulus serta material sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu
3. Dr. Erniati, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
4. Fatmawaty Rachim, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar.
5. Asri Mulya Setiawan, ST., MT selaku dosen Pembimbing I.

6. Dr. Ir Nur Khaerat Nur ST.,MT.,ACPE.,IPM.,ASEAN.ENG yang telah memberikan banyak arahan selama akan dimulainya kegiatan penelitian hingga penelitian ini selesai dan beliau juga selaku dosen Pembimbing II .
7. Saudara “*WANTED I8*” Angkatan 2018 .
8. Saudari Atika fahira dan Nur ainun hafifah yang selalu memberikan ide serta bantuan hingga penelitian ini selesai
9. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati membantu dalam penyelesaian proposal ini.

Penulis tidak lupa meminta maaf kepada semua pihak yang terlibat dalam pengerjaan proposal ini jika ada kesalahan dan kesalahan baik dalam ucapan maupun perilaku penulis yang tidak menyenangkan dalam proses pengerjaan proposal ini. Penulis berharap proposal ini dapat efektif, walaupun penulis memahami bahwa proposal ini masih banyak kekurangan. Penulis mengharapkan koreksi dari penulis atas kesalahan dan saran untuk perbaikan.

Akhir kata semoga semua bantuan dan amal baik tersebut mendapatkan berkat dan anugerah dari Allah SWT. Aamiin

Makassar, 18 Januari 2023

**Filestia Kombong Bua'**

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN SAMPUL</b> .....                                      | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                                   | <b>ii</b>   |
| <b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....                             | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | <b>iv</b>   |
| <b>ASBTARCT</b> .....  | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                      | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                       | <b>xi</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                                   | <b>1</b>    |
| I.1 Latar Belakang .....   | 1           |
| I.2 Rumusan Masalah .....  | 2           |
| I.3 Tujuan Penelitian.....                                       | 2           |
| I.4 Batasan Masalah .....  | 2           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                             | <b>3</b>    |
| II.1 Beton .....   | 3           |
| II.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton .....                        | 4           |
| II.3 Faktor Yang Mempengaruhi Beton.....                         | 6           |
| II.3.1 Jumlah Semen Pada Tiap Kubik Beton.....                   | 6           |
| II.3.2 Faktor A/C .....  | 6           |
| II.3.3 Kekerasan Agregat.....                                    | 7           |
| II.3.4 Gradasi Agregat .....                                     | 8           |
| II.3.5 Pembersihan Agregat .....                                 | 8           |
| II.3.6 Pengadukan Campuran .....                                 | 9           |
| II.3.7 Metode Pematatan.....                                     | 10          |
| II.3.8 Kuat Beton .....  | 10          |
| II.3.9 Mobilisasi Campuran Beton.....                            | 11          |
| II.3.10 Pemeliharaan Beton (Curing) .....                        | 12          |
| II.3.11 Umur Beton.....  | 12          |
| II.3.12 Temperatur Beton .....                                   | 12          |
| II.4 Beton Mutu Tinggi (Hight Strength Concrete) .....           | 13          |
| II.5 Beton Silinder .....  | 14          |
| II.6 Bahan Yang Dipakai Sebagai Penyusun Beton Mutu Tinggi ..... | 15          |
| II.6.1 Semen Portland .....                                      | 15          |
| II.6.2 Agregat Kasar .....                                       | 16          |
| II.6.3 Agregat Halus .....                                       | 18          |
| II.6.4 Zat Aditif.....   | 19          |
| II.7 Limbah Beton.....   | 19          |
| II.8 Kuat Tekan Beton .....                                      | 20          |

|   |           |
|---|-----------|
| II.9 Hammer Test.....                       | 20        |
| II.10 Penelitian Terdahulu .....            | 22        |
| <b>BAB III METODE DAN PELAKSANAAN .....</b> | <b>28</b> |
| III.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian .....     | 28        |
| III.2 Alat dan Bahan .....                  | 28        |
| III.2.1 Alat .....                          | 28        |
| III.2.2 Bahan.....                          | 28        |
| III.3 Pelaksanaan Penelitian.....           | 28        |
| III.3.1 Langkah Kerja .....                 | 29        |
| III.3.2 Pengujian Benda Uji.....            | 29        |
| III.3.3 Metode Pengumpulan Data.....        | 29        |
| III.4 Teknik Analisa Data .....             | 30        |
| III.5 Bagan Alur.....                       | 31        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>     | <b>33</b> |
| IV.1 Pengujian Kuat Tekan.....              | 33        |
| IV.2. Pengujian Hammer Test.....            | 35        |
| IV.3. Pengujian Sampel .....                | 35        |
| <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>      | <b>42</b> |
| V.1 KESIMPULAN .....                        | 42        |
| V.2 SARAN .....                             | 42        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                 | <b>48</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                             |           |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel II.1 Hubungan Antara Umur dan Kekuatannya.....  | 15 |
| Tabel II.2 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC.....                                       | 17 |
| Tabel II. 3 Gradasi Agregat Kasar.....  | 19 |
| Tabel II.4 Gradasi Agregat Halus.....   | 20 |
| Tabel IV.1 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton<br>Silinder Normal .....        | 32 |
| Tabel IV.2 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton<br>Silinder limbah Lima.....    | 33 |
| Tabel IV.3 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton<br>Silinder limbah Seratus..... | 33 |
| Persen (SL 100%).....   | 36 |
| Tabel IV.4 Campuran Bahan Beton 1 m <sup>3</sup> .....                                      | 36 |
| Tabel IV.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder.....                               | 37 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar II. 1 Interaksi Campuran Beton.....                                    | 5  |
| Gambar II. 2 hammer test .....  | 23 |
| Gambar III.1 Bagan Alur.....  | 31 |
| Gambar IV 1 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Normal (SN).....              | 32 |
| Gambar IV 2 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Limbah 50% .....              | 33 |
| Gambar IV 3 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Limbah 100% .....             | 34 |
| Gambar IV.4 Histogram kuat tekan pada masing-masing<br>variasi benda uji..... | 34 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **I.1 Latar Belakang**

Beton merupakan bahan konstruksi yang sangat luas penggunaannya dalam konstruksi bangunan. Beton merupakan bahan bangunan komposit yang umumnya tersusun dari kombinasi agregat dengan bahan pengikat semen. Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur baik yang berhubungan dengan bangunan gedung, jembatan, pelabuhan, jalan dan bangunan bangunan lainnya.

Penggunaan material beton dalam berbagai aplikasi konstruksi tentunya berdampak pada penyediaan material penyusun beton itu sendiri. Sifatnya terbatas dalam pembuatan bahan beton karena adanya logam yang menerus. Hal ini mengakibatkan berkurangnya jumlah sumber daya alam yang tersedia untuk tujuan tertentu. Atau dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini dengan menggunakan limbah lingkungan sebagai aditif atau substitusi agregat.

Di sisi lain, banyak lingkungan yang menghasilkan limbah padat karena pekerjaan beton yang ekstensif dan penghancuran sisa-sisa bangunan tua. Sampah padat dapat mempengaruhi keseimbangan lingkungan, sehingga perlu adanya tempat untuk membuangnya. Hal ini menjadi kendala yang harus diperhitungkan untuk pembangunan berkelanjutan. Melalui penelitian dan pengembangan teknologi tertentu yang telah dilakukan, limbah padat dari limbah konstruksi dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk menghasilkan material beton daur ulang yang bernilai ekonomis.

Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan additive. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya.

Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan. Sifat fisik dan kimia. Variasi dalam kualitas ini menghasilkan perbedaan dalam campuran yang ada dalam beton. Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan sebelumnya maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian daur ulang beton. Adapun penelitian ini berjudul “**Pengaruh Kekuatan Sisa Silinder Beton Terhadap Kuat Beton Dengan Menggunakan Hammer Test**”.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui kuat beton dengan menggunakan hammer test?
2. Bagaimana menganalisis pengaruh kekuatan sisa silinder terhadap kuat tekan dengan menggunakan hammer test?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kuat beton dengan menggunakan hammer test
2. Untuk menganalisis pengaruh kekuatan sisa silinder terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan *hammer test*

## **1.4 Batasan Masalah**

1. Pengujian sampel dengan menggunakan *hammer test*
2. Benda uji yang dipakai ialah sisa silinder 10x20 cm.
3. Sisa silinder yang dipakai menggunakan limbah beton dengan persentase 0%, 50% dan 100%
4. Jumlah benda uji yang digunakan ialah 0% sebanyak 3 sampel, 50% sebanyak 3 sampel, dan 100% sebanyak 3 sampel juga

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Beton

Merujuk dari syarat SNI 2847:2013, beton ialah campuran antara semen Portland, agregat kasar dan agregat halus serta air dan bahan tambah zat aditif jika diperlukan. 28 hari waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan kekuatan rencana beton ( $f'c$ ). Untuk pembangunan infrastruktur beton dipilih untuk menjadi suatu bahan dikarenakan memiliki daya kuat tekan yang baik.

Beton yang berkualitas baik memiliki beberapa keunggulan, diantaranya ketahanan terhadap karat atau pembusukan akibat kondisi lingkungan kuat tekan yang tinggi, ketahanan aus dan tahan terhadap (panas, dingin, matahari, hujan). Beton juga memiliki beberapa kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah, mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sulit kedap air secara sempurna dan bersifat getas (Tjokrodinuljo, 1996).

Beton terbilang sebagai material komposit yang rumit. Pembuatan beton dapat dibuat dengan mudah, bahkan untuk orang yang awam akan beton. Pengertian yang salah dari kesederhanaan ini sering menghasilkan persoalan pada hasil beton yang akan dipakai, antara lain reputasi jelek dari beton sebagai materi bangunan. Sebagai material komposit, 8 sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur masing-masing serta interaksi mereka. Tiga sistem umum yang melibatkan semen, yaitu pasta semen, mortar dan beton.

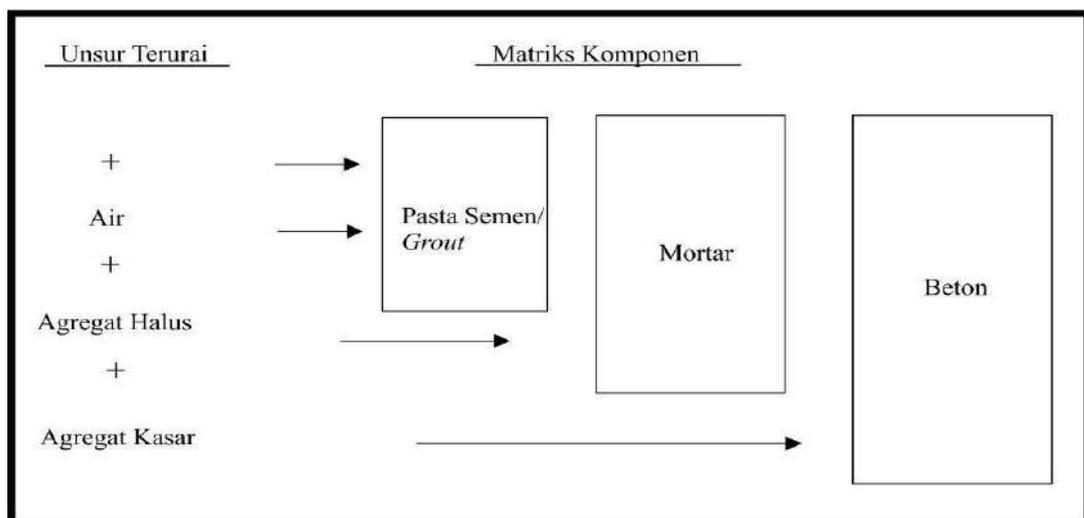
Pada gambar ketiga sistem tersebut dapat pula sebagai model komposit dengan dua fase, yaitu fase matriks dan fase terurai. Kadang kala beton masih ditambah lagi dengan bahan kimia pembantu (admixture) untuk mengubah sifat-sifatnya ketika masih berupa beton segar (fresh concrete) atau beton keras.

Beton terdiri dari  $\pm 15\%$  semen,  $\pm 8\%$  air,  $\pm 3\%$  udara, selebihnya pasir dan kerikil. Setelah mengeras campuran tersebut menghasilkan sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pengerjaan campuran. Sifat-sifat yang mempengaruhi hasil dari beton yaitu cara pencampuran, mengangkut, mencetak, serta cara memadatkan, dan lain sebagainya (Wuryati, 2001).

Dalam pedoman”Menurut SNI 03-6468-2000 dan ACI 318, beton ACI 363R-92 berdasarkan kuat tekannya tabung reaksi berbentuk silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) sebagai berikut:

Gambar 2. 1 Interaksi Campuran Beton.

Sumber : Jurnal Wuryati,( 2001)



Beton terdiri dari  $\pm 15\%$  semen,  $\pm 8\%$  air,  $\pm 3\%$  udara, selebihnya pasir dan kerikil. Setelah mengeras campuran tersebut menghasilkan sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pengerjaan campuran. Sifat-sifat yang mempengaruhi hasil dari beton yaitu cara pencampuran, mengangkut, mencetak, serta cara memadatkan, dan lain sebagainya (Wuryati, 2001).

Dalam pedoman”Menurut SNI 03-6468-2000 dan ACI 318, beton ACI 363R-92 berdasarkan kuat tekannya tabung reaksi berbentuk silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) sebagai berikut:

1. Beton mutu rendah memiliki nilai  $f'c$  kurang dari 20Mpa

2. Beton mutu sedang memiliki nilai  $f'c$  dari 20Mpa hingga 40Mpa
3. Beton mutu tinggi memiliki nilai  $f'c$  lebih dari 41 MPa

Dalam pedoman Departemen Pekerjaan Umum (Puslitbang Prasarana Perhubungan, Divisi 7-2005), mutu beton menurut penggunaannya dibagi menjadi:

1. Beton mutu tinggi, 41 - 65 MPa, umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang beton prategang, balok beton prategang, pelat beton prategang dan lainnya.
2. Beton mutu sedang, 21 - < 40MPa, biasanya digunakan untuk beton bertulang, seperti pelat lantai, balok beton bertulang, diafragma, balok beton cor, saluran beton bertulang, sub-jembatan dan struktur beton-beton.
3. Beton mutu buruk
  - a) 15 - <20 MPa, umumnya digunakan untuk bangunan tidak bertulang seperti lantai beton dan sebagainya tanpa pasangan bata yang diisi pasangan bata dan pasangan bata.
  - b) 10 - <17 MPa, umumnya digunakan sebagai starter dan pengisi beton.

Berdasarkan jenisnya, beton terbagi menjadi 6 jenis, yaitu:

#### 1. Beton Ringan

Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m<sup>3</sup> atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara 1440 – 1850 kg/m<sup>3</sup>, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 MPa. Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga.

#### 2. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m<sup>3</sup>

#### 3. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai

berat jenis beton antara 2200 kg/m<sup>3</sup> – 2400 kg/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa

4. Beton Massa (mass Concrete)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. Ferro-Cement

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. Beton Serat (Fibre Concrete)

Beton serat (fibre concrete) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

## II. 2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Selain beton mempunyai pengelempokan, beton juga memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan beton, yaitu:

Menurut (Tjokrodinuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut :

- a. Bahannya mudah didapatkan, sehingga harganya relatif murah
- b. Masuk kedalam kategori bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan jauh lebih murah
- c. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.

- d. Pengerjaan atau workbility mudah karena beton mudah untuk dicetak kedalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodinuljo, 2007) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini :

- a. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam
- b. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat sehingga cara perencanaan dan pelaksanaan bermacam-macam pula.
- c. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau mudah rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

### **II.3 Faktor Yang Mempengaruhi Beton**

Menurut (I Gede Putu Joni, M, 2017). Di dalam setiap perencanaan konstruksi-konstruksi dari beton selalu ditetapkan dahulu mutu betonnya. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan pada mutu beton yang telah ditentukan. Mutu beton menentukan ukuran dari pada balok, kolom, plat, dinding beton. Sudah tentu perhitungan dengan mutu beton yang lebih rendah akan menghasilkan ukuran balok kolom, plat, dan dinding beton yang lebih besar bila dibandingkan dengan hasil perhitungan dari mutu beton yang lebih tinggi.

Ada beberapa hal yang harus diperhitungkan agar mutu beton dapat dilaksanakan dengan baik dengan mempertimbangkan hal berikut :

### **II.3.1 Jumlah Semen Pada Tiap Kubik Beton**

Jumlah semen yang dipergunakan harus mendapat pertimbangan masak- masak. Di satu pihak beton akan mengalami kenaikan kekuatan dengan adanya penambahan jumlah semen, tetapi di lain pihak penambahan akan jumlah semen berakibat terjadi penyusutan (shrinkage) yang besar sehingga berakibat akan terjadi retak-retak. Kecuali itu harga beton menjadi mahal. Jadi dalam hal ini kebutuhan akan jumlah semen amat menentukan yang merupakan bahan pengikat sehingga dapat merata masuk di antara bahan pengisi beton (baik bahan kasar, misalnya kerikil maupun bahan halus, misalnya pasir).

### **II.3 2 Faktor A/C**

Untuk kesempurnaan proses pengerasan semen, maka memerlukan jumlah air sebanyak 12% sampai 15% dari berat semen yang dipergunakan. Tetapi kalau pada waktu mengaduk campuran beton hanya diberikan air sebanyak seperti tersebut di atas, maka akan didapatkan suatu campuran beton yang sangat sulit dikerjakan. Untuk mendapatkan suatu campuran beton yang dapat dikerjakan dengan baik, maka pemberian air harus lebih banyak sehingga ada sejumlah air yang berlebihan daripada yang dibutuhkan semen untuk proses pengerasan. Air kelebihan ini nantinya menguap dan akibatnya akan timbul pori-pori didalam beton. Kalau diberi air terlalu banyak, maka pori-pori yang terdapat dalam beton juga akan banyak, sehingga akan mengurangi kekuatan beton. Bila pori-pori sampai sambung menyambung satu sama lain, maka akan didapatkan beton yang tidak kedap air. Semakin kecil faktor A/C (berat air dibagi berat semen) akan dihasilkan mutu beton beton yang tinggi. Untuk faktor A/C lebih kecil atau sama dengan 0.5 maka akan menghasilkan beton yang sulit untuk dilaksanakan dalam pengecoran, sehingga akan menimbulkan keropos. Hal ini harus dihindari. Untuk mendapatkan suatu campuran beton yang dapat dikerjakan dengan baik, maka faktor A/C hendaknya berkisar antara 0.5

s/d 0.6. jika faktor A/C mempunyai harga lebih besar daripada 0.6 maka akan didapatkan suatu campuran beton yang sulit untuk dimanfaatkan dan kekuatannya serta tidak kedap air.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa faktor A/C yang ideal sebesar 0.55. dengan mempeimbangan sebagai berikut:

Jika airnya terlalu banyak air akan menghasilkan beton yang poreus

- 1) Kelebihan air dapat mengurangi kekuatan beton
- 2) Air yang berlebihan mengakibatkan beton tidak homogen, dan
- 3) Jika kekurangan air akan membuat beton keropos

### **II.3.3 Kekerasan Agregat**

Pada campuran beton maka sebagai agregat kasar dipakai batu pecah (crush stone) dan kerikil (carse). Agregat ini sangat mempengaruhi kekuatan daripada beton. Kalau agregat lembek dan berpori-pori (keropos), maka kekuatan beton akan menurun, pun pula kebutuhan air akan makin bertambah banyak guna mencapai workability yang baik. Kalau agregat yang dipakai keras dan tidak masif (padat), maka akan dihasilkan mutu beton yang tinggi, karena kekuatan beton itu adalah merupakan jumlah kekuatan masing-masing faktor, yang antara lain termasuk kekerasan agregat. Konstruksi beton dari bahan batu pecah mempunyai kekuatan lebih besar daripada konstruksi beton dari bahan batu kerikil. Hal ini disebabkan karena permukaan batu pecah lebih kasar daripada permukaan batu kerikil, sehingga lekatan campuran pasir semen lebih baik.

### **II.3.4 Gradasi Agregat**

Yang dimaksud dengan gradasi aggregate ialah perbandingan campuran bahan-bahan pengisi beton. Setiap macam perbandingan campuran bahan pengisi akan memberikan jumlah volume pori yang berbeda. Perbandingan campuran bahan-bahan pengisi yang memberikan volume pori kecil disebut gradasi agregatnya baik, sedangkan perbandingan campuran bahan-bahan pengisi yang

memberikan volume pori besar disebut gradasi agregatnya jelek. Beton yang dibuat dari bahan-bahan banyak pori kekuatannya berkurang, sedangkan beton yang mengandung sedikit pori kekuatannya lebih tinggi.

### **II.3.5 Pembersihan Agregat**

Sebagaimana diterangkan bahwa kekerasan bahan pengisi akan mempengaruhi kekerasan beton. Oleh sebab itu material yang banyak mengandung lumpur/debu harus dihindarkan karena lumpur/debu adalah butir-butir yang sangat halus yang mempunyai kekerasan yang kurang. Sebenarnya lumpur/debu-debu itu berasal dari pecahan-pecahan butir yang kurang keras. Yang diartikan lumpur/debu di sini adalah butir-butir yang dapat melalui ayakan 0,253 mm. agregate berasal dari dasar sungai yang kerap kali di samping mengandung lumpur juga mengandung kotoran-kotoran organis yang mempunyai kekerasan kurang. Di samping itu kotoran organis dapat merusak beton.

Produksi semen berdasarkan standart A.S.T.M dibagi dalam 5 tipe sebagai berikut:

- 1) Semen Portland penggunaan umum yang tak ada bahaya sulfat. (Tipe I).
- 2) Semen Portland yang mempunyai daya tahan terhadap sulfat dan mempunyai panas hydratasinya sedang. (Tipe II).
- 3) Semen Portland yang memberikan kekuatan tinggi ada saat-saat permulaan adalah pengikatan terjadi. (Tipe III).
- 4) Semen Portland yang mengeras dengan lambat dan panas hydratasinya rendah. (Tipe IV).
- 5) Semen Portland memiliki daya tahan yang tinggi terhadap sulfat. (Tipe V).

Pada penggunaan semen tipe III akan diperoleh kekuatan beton yang meningkat pada umur muda, namun mempunyai kekuatan yang lebih rendah pada umur tua, sedangkan penggunaan semen tipe IV akan

diperoleh kekuatan yang relatif rendah pada umur muda, tetapi mempunyai kekuatan yang lebih tinggi pada umur beton yang tua. Secara umum dapat dikatakan penggunaan semen tipe II, IV dan V mempunyai kekuatan lebih tinggi setelah beton berumur tua daripada semen tipe I dan III

### **II.3.6 Pengadukan Campuran**

Beton yang mempunyai komposisi di mana butir-butir yang lebih kecil mengisi rongga antara butir yang lebih besar sehingga merupakan susunan yang kompak (baik), dengan demikian akan memberikan beton yang bermutu baik, bila susunan beton tidak kompak (baik) akan memberikan mutu yang jelek. Pengadukan dengan menggunakan tangan tidak akan dapat dihasilkan campuran beton sangatlah baik seperti di atas, karena itu adukan beton yang dicampur dengan tangan tidak diperbolehkan kecuali untuk beton-beton mutu non-struktural. Campuran beton adalah baik bila dapat tercampur dengan rata dan campuran beton adalah jelek bila tercampur tidak rata. Untuk dapat didapatkan campuran beton yang baik, maka mencampur beton harus digunakan mesin pengaduk (beton molen). Selama pengadukan berlangsung kekentalan adukan beton harus tetap terjaga terus-menerus dengan cara memberikan slump pada setiap campuran yang baru. Besaran slump merupakan petunjuk apakah jumlah pemberian air cukup atau tidak. Waktu pengadukan dilakukan secukupnya, sehingga adukan beton cukup rata. Lamanya pengadukan bergantung pada kapasitas drum pengaduk, banyaknya adukan jenis dan susunan butir dari agregat serta slumpnya. Pada umumnya harus diambil paling sedikit 1.5 menit.

### **II.3.7 Metode Pematatan**

Untuk mendapatkan mutu beton yang tinggi, maka kepadatan beton adalah sangat menentukan di samping faktor-faktor lainnya. Kepadatan beton dipengaruhi oleh, gradasi agregat, work ability, dan

pemadatannya. Pemadatan bisa dilakukan dengan cara merojok, namun dengan cara ini akan diperoleh hasil yang terbatas. Dengan cara rojokan ini butir-butir digoyangkan keseimbangannya sehingga berpindah satu terhadap lainnya 10 mencari keseimbangan baru yang lebih memadat. Di samping dengan merojok juga disertai dengan memukul-mukul cetakan/bekisting agar adukan beton dapat mengisi seluruh ruangan. Bila pemadatannya dilakukan dengan merojok hasil kepadatannya terbatas, maka mutu betonpun juga terbatas, karena semakin padat beton semakin tinggi mutunya, semakin tidak padat beton semakin rendah mutunya. Maka dianjurkan pemadatan dengan menggunakan alat-alat pemadat mekanis baik berupa jarumpenggetar maupun penggetar harmer (bekisting). Dengan cara ini energi yang dihasilkan lebih besar dan daya pemadatannyapun lebih tinggi, sehingga dapat diperoleh beton yang lebih baik. Untuk dapat dicapai kepadatannya yang baik, pemadatan harus dilakukan merata dengan waktu penggetaran di setiap tempat secukupnya. Penggetaran yang berlebihan kurang baik, sebab terjadi segregasi (pemisahan), ini dapat terlihat pada permukaan yang digetar timbul lapisan air. Bila terjadi pemisahan maka komposisi gradasinya menjadi kacau sehingga beton kurang padat yang berakibat pula terhadap mutu beton, dalam hal ini mutu beton menjadi lebih rendah.

### **II.3.8 Kuat Beton**

Di dalam pelaksanaan pengecoran beton diusahakan dapat diperoleh suatu hasil beton yang padat, rata tidak keropos/tidak terjadi sarang kerikil. Keropos dan sarang kerikil pada bagian beton akan sangat mempengaruhi kekuatan konstruksi, terutama bila terjadi pada bagian beton yang terkena beban tekan. Keropos dan sarang kerikil ini perlu ditutup/ditambal yang sebelumnya harus dibersihkan dahulu. Di dalam penambalan ini sebaiknya diberikan bahan tambahan yang mempunyai fungsi mempertinggi daya lekat beton lama dan baru.

Namun penambahan ini tidak memperbaiki/menolong kekuatan konstruksi, akan tetapi berfungsi sebagai pelindung besi beton terhadap pengaruh udara yang bisa mengakibatkan perkaratan, di samping memperbaiki bentuk permukaan. Jadi akibat keropos walaupun kemudian 11 ditambal, pengaruhnya sama saja dengan tidak ditambal, sehingga sangat mengurangi kekuatan konstruksi.

### **II.3.9 Mobilisasi Campuran Beton**

Pencampuran beton pada umumnya dilakukan tidak langsung pada tempat pengecoran. Malah sering pencampuran adukan beton dilakukan jauh dari tempat pengecoran misalnya ready mix plant. Dalam hal ini perlu diperhatikan terhadap transportasinya :

- 1) Transport beton dapat dilakukan dengan tangan, ember, kereta dorong dan sebagainya ataupun secara mekanis/pneumatis.
- 2) Selama mentransport beton dari alat pengaduk sampai tempat pengecoran harus diusahakan agar konsistensi beton tetap sebagai semula, sehingga mencapai kekuatan yang diperlukan.
- 3) Pemakaian/penyampuran dari macam lain kualitas beton yang digunakan harus dicegah.
- 4) Semua alat-alat transport diatur/diusahakan sehingga mencapai adanya kelangsungan pengecoran (continuous flow)

Pengecoran sudah harus dilakukan sebelum terjadi proses mengeras, (*setting time*). Bila hal ini terjadi, maka proses pengerasan beton akan terganggu dan dapat mengakibatkan berkurangnya mutu beton. Bila untuk transportasi diperlukan waktu yang lama, maka setting time dapat diperlambat dengan menambahkan bahan tambahan

### **II.3.10 Pemeliharaan Beton (Curing)**

Kandungan air yang terdapat dalam beton yang baru dicor melebihi dari air yang diperlukan untuk proses hydrasi cement. Akan tetapi kehilangan air ini oleh karena penguapan yang terjadi setelah beton dicor, akan menyebabkan tidak sempurnanya proses hydrasi.

Kehilangan air ini terjadi bila beton tidak dilindungi terhadap pengaruh sinar langsung matahari dan kekeringan udara. Tujuan daripada curing untuk mencegah kehilangan air pada saat-saat awal. Bila proses hydrasi tidak sempurna maka akan mengakibatkan menjadi rendahnya kekuatan beton.

### II.3.11 Umur Beton

Kekuatan dari pada beton semakin meningkat bila umur beton bertambah. Akan tetapi kekuatan beton didasarkan atas kekuatan jika mencapai umur 28 hari. Semakin bertambah umur beton, maka proses pengerasan semakin baik, sehingga kekuatannya semakin meningkat. Hubungan kekuatan beton terhadap umur beton dapat dilihat di bawah ini (sesuai P3I 1971):

Tabel 2. 1 Hubungan Antara Umur dan Kekuataannya

| Umur Beton (hari)                               | 3    | 7    | 14   | 21   | 28   | 90   | 365  |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Semen Portland Biasa                            | 0,40 | 0,65 | 0,88 | 0,95 | 1,00 | 1,20 | 1,35 |
| Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi | 0,55 | 0,75 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |

Sumber : P3I 1971

### II.3.12 Temperatur Beton

Pembuatan beton dan pengecoran beton sebaiknya dikerjakan pada temperature-temperature yang tidak tinggi agar dapat diperoleh mutu beton yang baik. Temperature pada saat pembuatan dan pengecoran beton sebaiknya dibatasi paling tinggi 900F. Dibatasinya temperature maximum pada pengecoran beton karena bila pengecoran pada temperature yang tinggi dapat mengurangi mutu beton ataupun keawetannya bila dibandingkan dengan pengecoran pada temperature yang lebih rendah. Pengecoran beton pada temperature yang tinggi juga memerlukan air yang lebih banyak sehingga susut beton pun menjadi lebih besar. Untuk mengatasi temperature yang tinggi ini bisa dikerjakan diantaranya sebagai berikut :

- 1) Dengan memakai air dingin pada pengecoran. Pendinginan air dapat dikerjakan dengan memberikan es.
- 2) Dengan jalan mendinginkan kerikil, kerikil dapat didinginkan dengan menyemprot air.
- 3) Dengan melindungi material dari sinar matahari dengan jalan memberikan atap.
- 4) Dan lain-lain, seperti pengecoran pada malam hari.

#### **II.4 Beton Mutu Tinggi (High Strength Concrete)**

Menurut (Paul Nugraha & Antoni, 2007), Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya. Dalam produksi beton mutu tinggi memerlukan pemasok untuk memaksimalkan 3 aspek yang mempengaruhi kekuatan beton : agregat, pasta semen, dan lekatan semen-agregat. Hal ini memerlukan perhatian pada produksi, yaitu mulai dari mix design, material penuangan dan penanganan. Peran penting dan kerja sama antara pemasok, perencana dan kontraktor untuk tetap menjaga kualitas beton.

Sesuai dengan SNI (SNI 03-6468-2000), beton mutu tinggi memiliki kekuatan yang relatif cukup besar yaitu kuat tekan minimal  $> 41,4$  Mpa. Pekerjaan konstruksi bangunan seperti pier, poer, girder jembatan, spin poel pondasi, sheet pile adalah elemen struktur bangunan tingkat tinggi, sehingga beton mutu tinggi sangatlah penting untuk digunakan dalam pembagunan struktur tersebut. Beton mutu tinggi umumnya selain memiliki kuat tekan yang tinggi juga memiliki kelemahan yaitu meningkatnya tingkat getasnya (Brittle), oleh karena itu bisanya beton mutu tinggi dimodifikasi dengan material serat/batang fiber untuk meningkatkan tingkat daktalitasnya. Dalam mix design beton mutu tinggi dalam proses pembuatannya selalu menjaga FAS air –semen (Water/Cement Ratio) yaitu berkisar 0,2 sampai dengan 0,3 agar didapatkan tingkat porositas dalam beton berkurang, penabahan zat

superplastizer digunakan untuk tidak menghilangkan sifat workability saat proses pelaksanaannya.

Seiring dengan berkembangnya teknologi beton dengan mutu yang tinggi terus berkembang, contoh kecil perubahan beton dengan mutu tinggi menjadi beton berkinerja tinggi (Ultra High Performance Concrete -UHPC). Pada penggunaan beton mutu tinggi, dimensi beton dapat direduksi sehingga secara otomatis dapat mengurangi bobot massa struktur bangunan. Beton mutu tinggi seringkali mengurangi kegunaan ukuran agregat kasar yang besar dimana tingkat kehalusan dan kekerasan agregat yang digunakan lebih diutamakan hal itu berdasarkan pada beberapa percobaan

## II.5 Beton Silinder

Silinder beton ini terbuat dari adukan beton yang akan digunakan, yang merupakan sampel yang akan diujikan di laboratorium. Jumlah pembuatan silinder beton harus mempresentasikan dari adukan beton bahan bangunan. Bahan yang dibutuhkan adalah campuran beton yang sudah di takar komposisi agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Sedangkan alat yang dibutuhkan antara lain :

Cetakan silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 200 mm, terbuat dari besi atau baja

- 1) Alat penumbuk
- 2) Cetok
- 3) Tongkat perata

Tabel 2. 2 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Beton Limbah (Pengganti Agregat Kasar) | $\frac{1}{2} = 0.23726 \text{ kg}$ |
|  | $\frac{3}{8} = 0.5536 \text{ kg}$  |
| Agregat Halus                          | 0.4258625 kg                       |
| Semen                                  | 1.9625 kg                          |
| Air                                    | 0.3925 kg                          |
| Zat Aditif                             | 0.01 % dari berat air              |

Sumber: Zefanya

## **II.6 Bahan Yang Dipakai Sebagai Penyusun Beton Mutu Tinggi**

Beton mutu tinggi juga membutuhkan bahan penyusunnya, menurut (Ervianto Moch, dkk, 2016), Bahan tersebut adalah :

### **II.6 1 Semen Portland**

Merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. (SNI 15-2049-2004). Semen jika diaduk dengan air akan menghasilkan adukan pasta semen, sedangkan diaduk dengan air kemudian ditambah pasir akan menjadi mortar, jika ditambahkan dengan kerikil akan menjadi beton. Fungsi semen itu sendiri adalah untuk bereaksi dengan air untuk menjadi semen, dan pasta semen berfungsi untuk mengikat butiran-butiran menjadi massa yang kompak. Semen Portland adalah material yang mengandung paling tidak 75% kalsium silikat ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  dan  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), sisanya tidak kurang dari 5% berupa Al silikat, Al ferit silikat, dan MgO.

Hasil utama dari proses hidrasi semen berupa ( $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) atau  $\text{C}_3\text{S}2\text{H}_3$  atau CSH yang biasa disebut tobermorite yang berbentuk gel. Hasil lain berupa kapur bebas Ca  $(\text{OH})_2$  yang merupakan sisa dari reaksi  $\text{C}_3\text{S}$  dan  $\text{C}_2\text{S}$  dengan air.

### **II.6 2 Agregat Kasar**

Agregat kasar pada umumnya berbutir lebih besar dari 4,80 mm, contoh agregat kasar seperti, kerikil, kerikak, batu pecah, atau split. Kerikil sebagai hasil desintregasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, bahwa agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk

membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut ini:

- 1) Kerikil atau batu pecah terdiri dari butir yang keras dan tidak memiliki pori serta mempunyai sifat kekal atau tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca. Butir agregat juga tidak melebihi dari 20 % dari berat agregat seluruhnya.
- 2) Agregat yang dipakai tidak menggunakan atau mengandung bahan reaktif terhadap alkali jika ingin membuat beton mutu tinggi. Jika agregat yang mengalami reaktif dengan ketentuan semen kadar alkalinya dihitung setara tidak lebih dari 0,6%. Ataupun dengan cara menambahkan bahan yang dapat mencegah pemuaiannya.
- 3) Untuk menjaga kualitas dari agregat tidak diperkenankan memakai bahan yang dapat merusak struktur beton seperti bahan reaktif yang dapat ditunjukkan dengan percobaan warna memakai larutan NaOH.
- 4) Karakteristik agregat tidak diperkenankan memiliki kandungan lumpur dari 1% sehingga dapat mengganggu proses pengikatan beton. Jika terjadi pada agregat lebih dari 1% kadar lumpurnya maka dilakukan tritmen berupa pencucian agregat.
- 5) Dalam besaran butir agregat diatur 1/5 jarak terkecil antar bidang cetakan tidak diperkenankan jika lebih, 1/3 dari plat dan 3/4 dari jarak minimum antar tulangan

Tabel 2. 3 Gradasi Agregat Kasar

| Ukuran Ayakan |       | Kumulatif Berat Lolos Terhadap Total Agregat (%) |            |
|---------------|-------|--|------------|
| ASTM          | (mm)  | Batas Bawah                                      | Batas Atas |
| 3/4"          | 19    | 100  | 100        |
| 1/2"          | 12,5  | 90   | 100        |
| 3/8"          | 9,5   | 77   | 90         |
| No. 4         | 4,75  | 53   | 69         |
| No. 8         | 2,36  | 33   | 53         |
| No. 16        | 1,18  | 21   | 40         |
| No. 30        | 0,6   | 14   | 30         |
| No. 50        | 0,3   | 9  | 22         |
| No. 100       | 0,15  | 6  | 15         |
| No. 200       | 0,075 | 4  | 9          |

Sumber: [almaidahsastak117.wordpress.com/2018](http://almaidahsastak117.wordpress.com/2018)

### II.6 3 Agregat Halus

Agregat halus pada umumnya berbutir lebih kecil dari 4,80 mm, contoh agregat halus seperti, pasir, baik berupa pasir alami atau dari hasil pemecahan batu. Pasir alam dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai, atau dari tepi laut. Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan. Adapun syarat-syarat pasir yang baik untuk digunakan dalam campuran beton, sebagai berikut :

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat lebih baik.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur.
3. Pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
4. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir.
5. Lumpur yang ada menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika
6. konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
7. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Tabel 2. 4 Gradasi Agregat Halus

| Lubang Ayakan<br>(mm) | Persen berat butir yang Lewat Ayakan |         |          |         |
|-----------------------|--------------------------------------|---------|----------|---------|
|                       | Zone I                               | Zone II | Zone III | Zone IV |
| 10                    | 100                                  | 100     | 100      | 100     |
| 4,8                   | 90 -100                              | 90 -100 | 90 -100  | 95 -100 |
| 2,4                   | 60 – 95                              | 75 -100 | 85 -100  | 95 -100 |
| 1,2                   | 30 -70                               | 55 - 90 | 75 -100  | 90 -100 |
| 0,6                   | 15 – 34                              | 35 - 59 | 60 - 79  | 80 -100 |
| 0,3                   | 5 – 20                               | 8 - 30  | 12 - 40  | 15 - 50 |
| 0,15                  | 0 -10                                | 0 -10   | 0 -10    | 0 -15   |

Sumber : *almaidahjsastak117.com/2018*

#### **II.6.4 Zat Aditif**

Bahan tambah mineral (additive) merupakan bahan tambah yang berguna untuk memperbaiki kinerja beton, dan lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kerja beton sehingga bahan ini lebih cenderung Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi bersifat pengikat. Ada beberapa bahan tambah yang termasuk dalam bahan tambah mineral ini antara lain adalah pozzolan, fly ash, slag, dan silica fume. Superplastizer yang digunakan pada penelitian adalah Sikamen adalah bahan tambah yang mengurangi air campuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu mudah didapatkan di toko-toko zat kimia. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini antara lain:

- a) Memperbaiki kinerja workability.
- b) Mengurangi penyusutan.
- c) Mempertinggi usia beton.
- d) Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
- e) Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika.
- f) Mempertinggi kekuatan beton.
- g) Mengurangi porositas dan daya serap airdalam beton, mengurangi biaya pekerjaan beton.

#### **II.7 Limbah Beton.**

Menurut (Soelarso, dkk, 2016). Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Salah satu contoh upaya mengurangi dampak tersebut adalah menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Hal ini menjadi alternatif bahan beton yang menguntungkan, karena agregat yang digunakan adalah agregat yang telah dibuang. Pemanfaatan kembali limbah beton akan meningkatkan umur penggunaan material dari limbah itu sendiri. Agregat daur ulang memiliki beberapa kualitas, sifat fisik dan kimia. Variabilitas kualitas ini mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tekan beton

Penggunaan limbah beton menjadi pengganti agregat kasar sudah menjadi penelitian, menurut (Sutrang S Nurdin, dkk 2020) berikut hasil dari limbah beton tersebut :

1. Workability beton mutu tinggi cukup sulit dalam pengerjaannya baik dalam proses pencampuran maupun proses pencetakan.
2. Persentase rata-rata peningkatan kuat lentur balok dengan perkuatan wiremesh terhadap balok tanpa perkuatan perkuatan pada variasi limbah beton 50% mengalami kenaikan sebesar 196,06 persen sedangkan pada variasi limbah beton 100% mengalami kenaikan sebesar 163,80 persen

## II.8 Kuat Tekan Beton

SNI 03-1974-1990 memberikan pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

$$f'c = P / A \dots \dots \dots ( 1 )$$

$f'c$  = Kuat tekan beton ( MPa )

A = luas penampang benda uji ( mm<sup>2</sup> )

P = beban tekan ( N )

## II.9 Hammer Test

Hammer test merupakan suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton. Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban tumbukan (impact) pada permukaan beton. Data hasil pengujian akan diperoleh dalam waktu yang relatif singkat. Prinsip kerja hammer test adalah dengan memberikan beban impact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energy yang besarnya tertentu. Karena timbul tumbukan antara massa tersebut dengan permukaan beton, massa tersebut akan dipantulkan kembali. Penggunaan hammer test dapat menghemat biaya, dan memberikan informasi tentang kesesuaian struktur bangunan. Penilaian luas struktur dengan hammer test adalah cara murah untuk memutuskan apakah diperlukan program

pengujian yang lebih mendalam. Prosedur pengujian hammer test rebound pada beton yang mengeras dimulai dengan kalibrasi alat hammer test tersebut

1. Hammer test diuji terhadap permukaan yang terbuat dari baja yang memiliki kekerasan Brinell sekitar 5000 N/mm<sup>2</sup>.
2. Setelah hammer test dikalibrasi untuk akurasi pada sampel permukaan, hammer test dipegang pada sudut yang tepat ke permukaan struktur beton untuk mengambil pembacaan.
3. Jika hammer test dipegang pada sudut tengah, angka rebound (indeks rebound) akan memberikan hasil yang berbeda untuk permukaan dan beton yang sama.
4. Daya impact yang diperlukan untuk hammer test berbeda pada setiap aplikasi yang berbeda. Perkiraan tingkat energi dampak disebutkan dalam tabel di bawah ini untuk aplikasi yang berbeda.



*hammer test*

## **II.10 Penelitian Terdahulu**

Pada penelitian Zefanya Indarto' dkk, (2021). Dari hasil pengujian benda uji serta hasil pengolahan data dari pengelolaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar (kerikil), serta penambahan perkuatan menggunakan *wiremesh* pada daerah lentur dan geser, dengan mendapatkan *Workability* beton mutu tinggi sangat sulit pengerjaanya baik dalam proses pencampuran hingga pada proses pencetakan bada *bekisting* Didapatkan masing-masing kuat tekannya adalah BN 0% sebesar 43.4 Mpa, BL 50 % sebesar 42.3 Mpa dan BL 100% sebesar 41.0 Mpa. Dimana memenuhi syarat perencanaan

sebesar >40 Mpa. Kuat lentur beton rata-rata dengan variasi limbah beton 0% (BN 0%) sebesar 2,83 MPa; variasi 50% (BL 50%) sebesar 3,02 MPa; variasi 50% dengan perkuatan wiremesh (BLW 50%) sebesar 9,14 MPa ; variasi 100% limbah beton (BL 100%) sebesar 2,61 MPa dan variasi 100% dengan perkuatan wiremesh (BLW 100%) sebesar 9,09 MPa. Adapun persentase kenaikan kuat lentur balok dengan penambahan perkuatan *wiremesh* pada daerah lentur dan geser terhadap balok tanpa perkuatan pada variasi limbah beton 50% mengalami peningkatan perkuatan sebesar 203, 24 persen dan pada variasi limbah beton 100% mengalami peningkatan perkuatan sebesar 248,13 %

Pada penelitian Irwan Paserangi' dkk, (2020). Pada limbah beton hasil dari sisa konstruksi dapat dibentuk kembali sehingga bernilai. Penggunaan limbah dari beton itu sendiri sebagai pengganti kerikil diharapkan mampu mengatasi masalah dalam pencemaran lingkungan. Penambahan superplasticizer campuran beton segarmampu meningkatkan kekuatan beton yang dihasilkan dengan jumlahair yang sedikit Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai kuat lentur beton mutu tinggi yang menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar, serta peningkatan kuat lentur balok beton mutu tinggi dengan perkuatan wiremesh terhadap balok tanpa perkuatan. Variasi limbah beton yang digunakan yakni 0%, 50% dan 100%, serta penambahan wiremesh pada variasi limbah beton 50% dan 100%. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada umur beton 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton rata- rata yang tertinggi adalah 43,52 Mpa pada variasi limbah beton 25% (BS 25%) sedangkan nilai kuat lentur beton normal rata-rata yang tertinggi adalah 4,13 MPa pada variasi limbah beton 50% (BL 50%) sedangkan persentase rata-rata peningkatan kuat lentur balok dengan perkuatan wiremesh terhadap balok tanpa perkuatan perkuatan pada variasi limbah beton 100% (BL 100%) yang tertinggi dengan peningkatan rata-rata sebesar 52,58%.

Pengujian slump ini dilakukan dengan menggunakan Kerucut Abrams, dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter dibawah 20 cm, dan diameter diatas

10 cm dan dilengkapi dengan tongkat pengerojok berdiameter 16 mm dan panjangnya 60 cm. Hasil uji slump yang terlihat pada gambar 2 dengan slump rata-rata 8 cm sesuai dengan slump yang direncanakan. Kebutuhan semen didapat dari pembagian kebutuhan air dengan faktor air semen (FAS).

Pada penelitian Mulyati dan arman (2014) melakukan eksperimental dari pemanfaatan limbah beton sebagai agregat kasar dan halus. Limbah beton yang dimanfaatkan dihancurkan dan dipilah berdasarkan pemeriksaan Analisa lolos saringan. Dalam penelitian ini dipakai umur rencana 7,14,21 dan 28 hari beton siap diuji dan 9 komposisi campuran, antara lain proporsi agregat 0% penggunaan limbah, 50% limbah kasar, 60% limbah kasar, 70% limbah kasar, 50% limbah halus, 70% limbah halus dan 80% limbah halus. Penelitian ini menghasilkan bahwa kuat tekan beton paling tinggi adalah sebesar 25,82 Mpa. Dalam pengujian kuat tekan mengalami kenaikan setiap umur pengujian dan terjadi penurunan hanya di umur 21 dan ke 28 hari. Nilai kuat tekan beton rata-rata tertinggi pada umur 28 hari pada proporsi 60% dengan nilai kuat tekan 24.82 Mpa, sedangkan dari penggunaan limbah beton sebagai agregat halus pada proporsi 80% dengan nilai kuat tekan 25,82 Mpa.

Pada penelitian Soelarso, dkk (2016) secara garis besar dibagi menjadi 5 tahapan pembuatan sampel benda uji, yaitu pencarian limbah beton dan penghancuran, menentukan karakteristik agregat dari limbah beton dan penghancuran, menentukan karakteristik agregat dari limbah beton dan mix design, pembuatan serta curing benda uji dan pengujian tekan. Benda uji dikelompokkan menjadi empat penentuan usia pengujian yaitu 7, 14, 21 dan 28 hari. Penelitian ini menghasilkan bahwa penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh pada kuat tekan. Kuat tekan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya persentase agregat limbah beton dengan rata – rata penurunan terendah terjadi pada proporsi limbah beton 25% sebesar 45,39% proporsi limbah beton 50% sebesar 56,99%, lalu proporsi limbah beton 75% sebesar 61,65% dan penurunan terbesar pada proporsi limbah beton 100% sebesar 66,62%. Modulus elastisitas cenderung

menurun seiring dengan bertambahnya persentase agregat limbah beton dengan rata-rata penurunan terendah terjadi pada proporsi 25% sebesar 79,12%. Dari hasil kuat tekan dan modulus elastisitas, proporsi limbah beton 25% adalah kadar paling optimum sebagai pengganti agregat kasar.

Pada penelitian Shrimali, dkk (2016) menggunakan agregat kasar dari beton buangan yang diperoleh dari limbah beton, beton yang gagal cetak, batu bata rusak, limbah sampel laboratorium dan limbah dari konstruksi bangunan lainnya. Proses daur ulang dilakukan dengan menggunakan mesin penghancur raahang terutama digunakan untuk penghancuran primer, diikuti oleh crusher sekunder. Pemilihan ukuran butiran yang akan digunakan sesuai klasifikasi butiran dan hasil hasil dari mix design awal. Penelitian ini mendapatkan hasil penurunan kekuatan Sebagian besar berkisar antara 12% sampai 30% tetapi kadang sampai 60% dengan pengganti 100% agregat beton limbah. Adanya peningkatan atau penurunan kuat tekan beton agregat beton limbah bermutu tinggi ini mungkin karena penyerapan airnya kurang dan air yang tersisa meningkatkan rasio air- semen. Agregat beton limbah yang dapat digunakan sampai tingkat penggantian 30% volume untuk mempertahankan kuat tekan yang sama dengan beton konvensional seiring meningkatnya persentase substitusi agregat dari limbah beton. Terjadi penyusutan 20% apabila substitusi 50% agregat alami dilakukan dan bila penggantian 100% dilakukan akan meningkat menjadi 70% dalam jangka waktu 6 bulan. Namun ditemukan optimumnya dengan campuran 30% agregat beton limbah yang digunakan dalam campuran beton. Untuk pengujian modulus elastisitas tidak terjadi penurunan yang berarti Ketika dilakukan pencampuran dengan rasio 30% agregat beton limbah.

Pada penelitian Nur Ainun Hafifah (2022) Dari hasil pengujian sampel dan pengolahan data, dari pengolahan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar (kerikil) hingga pengujian kuat tekan untuk pengujian SEM dan EDS, dapat disimpulkan bahwa, Kuat tekan yang didapatkan dari tiap sampel mengalami penurunan perkuatan di tiap banyaknya beton limbah yang digunakan mulai dari persentase 0% dengan perkuatan sebesar 43.4 Mpa ,

Beton Limbah 50% dengan kuat tekan sebesar 42.3 Mpa dan beton limbah 100% ialah 41.0 Mpa. Walaupun kuat tekan yang didapatkan menurun seiring dengan bertambahnya jumlah beton limbah yang digunakan penggunaan beton limbah akan tetap masuk kedalam beton mutu tinggi karena kuat tekannya masih diatas 40 Mpa Gambaran beton normal sampai dengan beton dengan tambahan limbah sebagai pengganti kerikil dalam pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) terlihat bahwasanya di beton normal tidak ada retakan dan semua material terikat menjadi satu kesatuan dan sangat erat, berbeda dengan campuran 50% limbah dan 50% agregat alam terlihat banyak retakan yang menganga ( campuran kerikil dan beton limbah tidak dapat menyatu secara mikro) akan tetapi pada campuran 100% menggunakan beton limbah terlihat sangat menyatu seperti pada beton normal.hal ini menandakan bahwasanya beton limbah dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat alam Adapun pengujian senyawa EDS (*Energy Dispersion Spectroscopy*) terlihat bahwa beton limbah dengan campuran 50% dan 100% memiliki kandungan yang persis sama dengan beton normal pada umumnya ( C, O, Al, P, S, Ca).

## BAB III

### METODE DAN PELAKSANAAN

#### III.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 1-2 hari dimulai dari bulan Februari 2023. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar, yang dimulai dari tahap persiapan sampai pada tahap pengujian benda uji.

#### III.2 Alat dan Bahan.

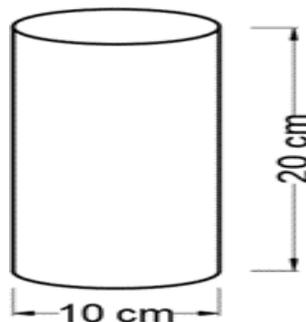
##### III.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu terdiri dari :

1. Hammer Test
2. Penggaris
3. Spidol
4. Pulpen
5. Kertas

##### III.2.2 Bahan

Untuk bahan yang dipakai adalah sebagai berikut :



- Beton Sisa Silinder

#### III.3 Pelaksanaan Penelitian

Sebagai penelitian akhir, ini diharuskan dikerjakan dengan teratur agar nantinya diperoleh hasil yang nyata serta dapat dipertanggung jawabkan.

### III.3.1 Langkah Kerja

- a) Tahap 1 ( Studi literatur).
- b) Tahap II (Persiapan).

Tahap ini semua bahan dan alat yang akan dipakai disiapkan terlebih dahulu termasuk kegiatan mengumpulkan sisa silinder. Dari pengujian bisa diketahui bahan tadi memenuhi syarat atau tidak.

- a) Tahap VIII ( Tahapan pengujian benda uji)

Tekan alat *hammer test* secara perlahan menghadap ke arah permukaan benda uji sampai palu menumbuk hulu palu. Setelah menumbuk, tahan tekanan dan jika perlu kunci hulu pada posisinya, dengan cara menekan tombol pada bagian sisi.

- b) Tahap IX (Tahapan Pemabahasan dan Analisis Data).

Tahapan ini bertujuan untuk pengumpulan data pengujian serta melakukan perhitungan dari hasil uji *hammer test*.

- c) Tahap X ( Penutup atau Kesimpulan dan Saran).

Tahapan ini dibentuk suatu kesimpulan serta saran dari data yang sudah dikumpulkan serta yang sudah dianalisis sehingga hasilnya berhubungan langsung dengan tujuan penelitian yang dilakukan.

### III.3.2 Pengujian Benda Uji

Benda uji sisa silinder yang digunakan ukuran lebar 10 cm dan tingginya sebesar 20 cm. silinder terbuat dari beton normal dan beton dari limbah beton sebagai agregatnya. Adapun variasi benda uji akan menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar yaitu sebanyak 0%, 50%, dan 100%.

### III.3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data nantinya akan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, diantaranya proses benda uji berupa data dari hasil pengujian dari uji kuat hammer test pada beton sisa silinder

### III.4 Olah Data

Olah data yang diambil adalah hasil data kuat tekan menggunakan hammer test yang dilakukan dilaboratorium Teknik sipil universitas fajar.

Dengan menggunakan rumus:

$P$

**Kuat tekan :  $f_c' = \dots\dots\dots$**

$f_c' =$  kuat tekan beton (Mpa)

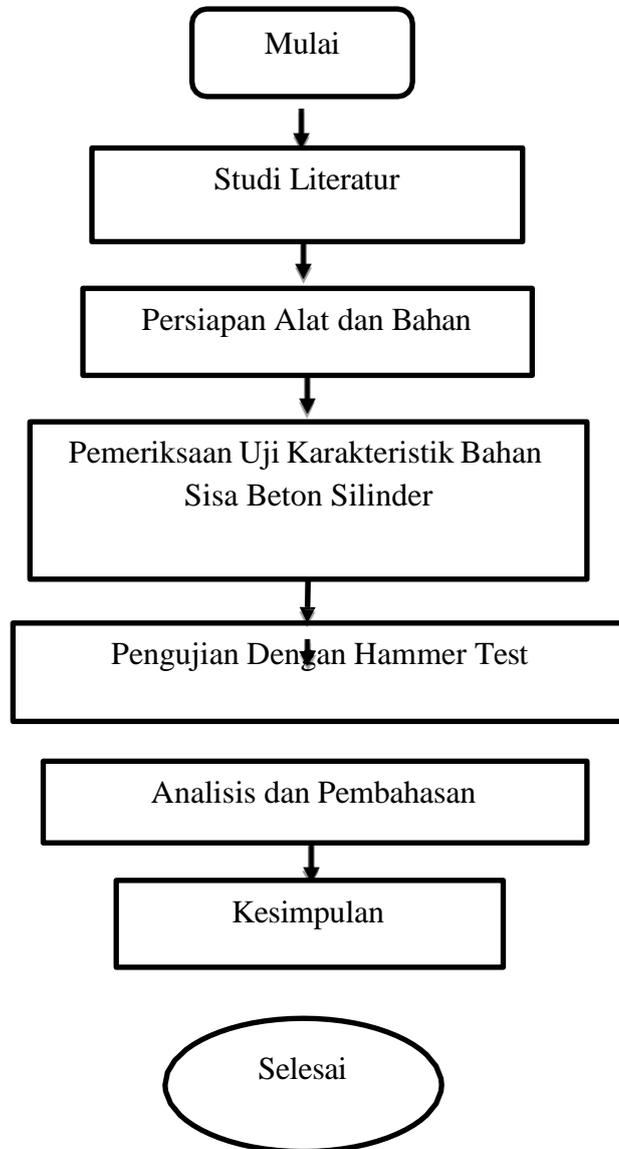
$A =$  luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

$P =$  beban tekan

### III.5 Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini teknik analisis data yang dipakai merupakan analisis deskriptif, yaitu bentuk analisis yang menaruh gambaran data diperoleh menurut output penggunaan limbah beton menjadi pengganti agregat kasar menggunakan variasi limbah beton yang di pakai sebanyak 0%, 50% dan 100%. Analisa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa kekuatan beton sisa dari pengujian tanpa merusak beton. Data data yang telah di peroleh kemudian di analisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kekuatan sisa silinder terhadap kuat tekan dengan menggunakan hammer test.

### III.6 Bagan Alur



Gambar 3.1 Bagan Alur

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder dengan ukuran alas 10 cm dan tinggi 20 cm. Benda uji ini terdiri dari 2 jenis yaitu benda uji silinder normal dan benda uji SCC dimana masing-masing terdiri dari 3 sampel. Benda uji ini merupakan pengontrol mutu beton yang direncanakan (*control specimen*). Pengujian dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*), dengan kapasitas 3000 KN, dimana benda uji dipasang dengan posisi vertikal. Pengujian dilakukan hingga benda uji retak atau benda uji tidak lagi dapat menahan beban yang diberikan, hal ini ditandai dengan cara jarum berwarna hitam petunjuk pada alat UTM sudah turun ke angka 0, maka pembebanan telah sampai pada nilai maksimumnya.

Tabel IV. 1 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder Normal

| Tanggal Pengujian | Kode            | Umur (Hari) | Berat (Kg) | Slump (cm) | Luas (A) (mm <sup>2</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tekan ( $f'_c = P/A$ ) (MPa) | Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) |
|-------------------|-----------------|-------------|------------|------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 19/09/22          | SN <sub>1</sub> | 28          | 3,427      | 8          | 7850                        | 310            | 39,480                            | 36,939                     |
| 19/09/22          | SN <sub>2</sub> | 28          | 3,465      | 8          | 7850                        | 260            | 33,121                            |                            |
| 19/09/22          | SN <sub>3</sub> | 28          | 3,485      | 8          | 7850                        | 300            | 38,216                            |                            |

Keterangan : SN = Silinder Normal, Hasil pengolahan data, 2022.



Gambar IV 1 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Normal (SN)

Tabel IV. 2 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder limbah Lima Puluh Persen (SL 50%)

| Tanggal Pengujian | Kode               | Umur (Hari) | Berat (Kg) | Slump (cm) | Luas (A) (mm <sup>2</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tekan (f'c = P/A) (MPa) | Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) |
|-------------------|--------------------|-------------|------------|------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|----------------------------|
| 19/09/22          | SL50% <sub>1</sub> | 28          | 3,523      | 8          | 7850                        | 300            | 38,216                       | 39,490                     |
| 19/09/22          | SL50% <sub>2</sub> | 28          | 3,485      | 8          | 7850                        | 290            | 36,942                       |                            |
| 19/09/22          | SL50% <sub>3</sub> | 28          | 3,575      | 8          | 7850                        | 340            | 43,312                       |                            |

Keterangan : Hasil pengolahan data, Silinder Limbah 50%, (SL50%)

*Sebelum di Uji*



*Sesudah di Uji*



Gambar IV 2 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Limbah 50%.

Tabel IV. 3 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder limbah Seratus Persen (SL 100%)

| Tanggal Pengujian | Kode                | Umur (Hari) | Berat (Kg) | Slump (cm) | Luas (A) (mm <sup>2</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tekan (f'c = P/A) (MPa) | Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) |
|-------------------|---------------------|-------------|------------|------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|----------------------------|
| 19/09/22          | SL100% <sub>1</sub> | 28          | 3,607      | 8          | 7850                        | 300            | 38,216                       | 37,791                     |
| 19/09/22          | SL100% <sub>2</sub> | 28          | 3,495      | 8          | 7850                        | 290            | 36,942                       |                            |
| 19/09/22          | SL100% <sub>3</sub> | 28          | 3,569      | 8          | 7850                        | 300            | 38,216                       |                            |

Keterangan : Hasil pengolahan data, Silinder Limbah 100%, (SL100%).

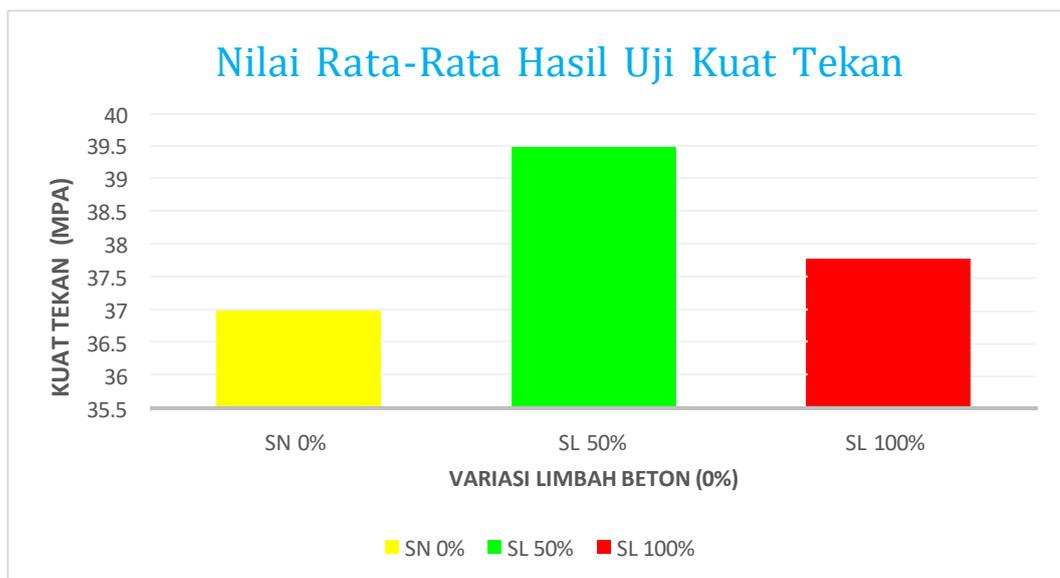
*Sebelum di Uji*



*Sesudah di Uji*



Gambar IV 3 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Limbah 100%.



Gambar IV.4 Histogram kuat tekan pada masing-masing variasi benda uji  
Keterangan : SN = Siliner Normal dan SL = Silinder Limbah.

Untuk variasi beton 0% kuat tekan benda uji silinder (menggunakan agregat kasar alami) rata-rata sebesar 36,9 Mpa, dibandingkan dengan kuat tekan benda uji yang menggunakan persentase limbah beton sebesar 50%, mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 39,4 Mpa dan yang

menggunakan limbah beton sebesar 100% mendapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 37,7 Mpa.

#### IV.2 Pengujian Hammer Test

Hammer test merupakan suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton. Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban tumbukan (impact) pada permukaan beton. Data hasil pengujian akan diperoleh dalam waktu yang relatif singkat. Tekan alat secara perlahan menghadap ke arah permukaan meda uji sampai palu menumbuk hulu palu. Setelah menumbuk, tahan tekanan dan jika perlu kunci hulu pada posisinya, dengan cara menekan tombol pada bagian sisi. Lihat angka hasil pengujian yang tertera di alat dan catat.

#### IV.3 Pengujian Sampel

Tabel 4. 1 Pengujian sampel 0%

|   | NO | Benda Uji   | Kuat (Mpa) | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|---|----|-------------|------------|-----------------------------|------------|
| I | 1  | I A         | 23         | 225.63                      | VALID      |
|   | 2  | I B         | 22         | 215.82                      | VALID      |
|   | 3  | I C         | 23         | 225.63                      | VALID      |
|   | 4  | I D         | 14         | 137.34                      | DATA ERROR |
|   |    | rata - rata | 22.66 Mpa  | 222.36                      |            |

Berdasarkan data yang didapatkan terlihat pada tabel IV.1.1 bisa ditarik hasil bahwa nilai rata rata kuat tekan adalah 22,66 Mpa atau setara dengan 222,36 kg/cm<sup>2</sup>,Nilai tersebut hamper sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan nilai 25Mpa.

Tabel 4. 2 Pengujian Sampel 0 %

|    | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)       | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|----|----|--------------------|------------------|-----------------------------|------------|
| II | 1  | II A               | 23               | 225.63                      | VALID      |
|    | 2  | II B               | 24               | 235.44                      | VALID      |
|    | 3  | II C               | 22               | 215.82                      | VALID      |
|    | 4  | II D               | 30               | 294.3                       | VALID      |
|    |    | <b>rata – rata</b> | <b>24.75 Mpa</b> | <b>242.79</b>               |            |

Berdasarkan data diatas yang didapatkan bisa di Tarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 24.75Mpa atau setara dengan 242.79 kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hamper sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan 25Mpa.

**Tabel 4. 3 Pengujian Sampel 0%**

|     | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)       | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|-----|----|--------------------|------------------|-----------------------------|------------|
| III | 1  | III A              | 22               | 215.82                      | VALID      |
|     | 2  | III B              | 24               | 235.44                      | VALID      |
|     | 3  | III C              | 23               | 225.63                      | VALID      |
|     | 4  | III D              | 22               | 215.82                      | VALID      |
|     |    | <b>rata – rata</b> | <b>22.75 Mpa</b> | <b>223.17</b>               |            |

Berdasarkan data pada tabel diatas bisa di Tarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 22.75Mpa atau setara dengan 223.17 kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan nilai 25Mpa.

**Tabel 4. 4 Pengujian Sampel 0%**

|    | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)    | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|----|----|--------------------|---------------|-----------------------------|------------|
| IV | 1  | IV A               | 24            | 235.44                      | VALID      |
|    | 2  | IV B               | 22            | 215.82                      | VALID      |
|    | 3  | IV C               | 15            | 147.15                      | DATA ERROR |
|    | 4  | IV D               | 15            | 147.15                      | DATA ERROR |
|    |    | <b>rata – rata</b> | <b>23 Mpa</b> | <b>225.63</b>               |            |

Berdasarkan data tabel diatas bisa di Tarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 23Mpa atau setara dengan 225,63kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan 25Mpa.

Tabel 4. 5 Pengujian Sampel 0 %

|   | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)       | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|---|----|--------------------|------------------|-----------------------------|------------|
| V | 1  | V A                | 14               | 137.34                      | DATA ERROR |
|   | 2  | V B                | 24               | 235.44                      | VALID      |
|   | 3  | V C                | 23               | 225.63                      | VALID      |
|   | 4  | V D                | 23               | 225.63                      | VALID      |
|   |    | <b>rata – rata</b> | <b>23.33 Mpa</b> | <b>228.9</b>                |            |

Berdasarkan data pada tabel diatas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 23,33Mpa atau setara dengan 228.9kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan 25Mpa.

Tabel 4. 6 pengujian sampel 50%

|   | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)    | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|---|----|--------------------|---------------|-----------------------------|------------|
| I | 1  | I A                | 21            | 206.01                      | DATA ERROR |
|   | 2  | I B                | 24            | 235.44                      | VALID      |
|   | 3  | I C                | 15            | 147.15                      | DATA ERROR |
|   | 4  | I D                | 22            | 215.82                      | VALID      |
|   |    | <b>rata - rata</b> | <b>23 Mpa</b> | <b>225.63</b>               |            |

Berdasarkan data pada tabel IV.1.2 bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 23Mpa atau setara dengan 225.63kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan 25Mpa.

Tabel 4. 7 pengujian sampel 50%

|    | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)      | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|----|----|--------------------|-----------------|-----------------------------|------------|
| II | 1  | II A               | 21              | 206.01                      | DATA ERROR |
|    | 2  | II B               | 23              | 225.63                      | VALID      |
|    | 3  | II C               | 22              | 215.82                      | VALID      |
|    | 4  | II D               | 20              | 196.2                       | DATA ERROR |
|    |    | <b>rata - rata</b> | <b>22.5 Mpa</b> | <b>220.72</b>               |            |

Berdasarkan data pada tabel di atas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 22.5Mpa atau setara dengan 220.72kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya menyatakan 25Mpa.

Tabel 4. 8 pengujian sampel 50%

|     | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)      | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|-----|----|--------------------|-----------------|-----------------------------|------------|
| III | 1  | III A              | 22              | 215.82                      | VALID      |
|     | 2  | III B              | 24              | 235.44                      | VALID      |
|     | 3  | III C              | 22              | 215.82                      | VALID      |
|     | 4  | III D              | 22              | 215.82                      | VALID      |
|     |    | <b>rata - rata</b> | <b>22.5 Mpa</b> | <b>220.72</b>               |            |

Berdasarkan data tabel diatas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 22.5Mpa atau setara dengan 220.72kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya menyatakan 25Mpa.

Tabel 4. 9 pengujian sampel 50%

|    | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)      | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|----|----|--------------------|-----------------|-----------------------------|------------|
| IV | 1  | IV A               | 21              | 206.01                      | DATA ERROR |
|    | 2  | IV B               | 20              | 196.2                       | DATA ERROR |
|    | 3  | IV C               | 22              | 215.82                      | VALID      |
|    | 4  | IV D               | 23              | 225.63                      | VALID      |
|    |    | <b>rata - rata</b> | <b>22.5 Mpa</b> | <b>220.72</b>               |            |

Berdasarkan data pada tabel diatas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 22.5Mpa atau setara dengan dengan

220.72kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya menyatakan 25Mpa.

Tabel 4. 10 pengujian sampel 50%

|   | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)       | Tekan (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|---|----|--------------------|------------------|------------------------------|------------|
| V | 1  | V A                | 22               | 215.82                       | VALID      |
|   | 2  | V B                | 21               | 206.01                       | DATA ERROR |
|   | 3  | V C                | 24               | 235.44                       | VALID      |
|   | 4  | V D                | 22               | 215.82                       | VALID      |
|   |    | <b>rata - rata</b> | <b>22.66 Mpa</b> | <b>222.36</b>                |            |

Berdasarkan data pada tabel diatas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 22.66Mpa atau setara dengan 222.36kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya menyatakan 25Mpa

Tabel 4. 11 pengujian sampel 100%

|   | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)      | Tekan (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|---|----|--------------------|-----------------|------------------------------|------------|
| I | 1  | I A                | 20              | 196.2                        | DATA ERROR |
|   | 2  | I B                | 21              | 206.01                       | DATA ERROR |
|   | 3  | I C                | 22              | 215.82                       | VALID      |
|   | 4  | I D                | 23              | 225.63                       | VALID      |
|   |    | <b>rata - rata</b> | <b>22.6 Mpa</b> | <b>220.72</b>                |            |

Berdasarkan data diatas yang didapatkan terlihat pada tabel IV.1.3 bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 22.6Mpa atau setara dengan 220.72kg/cm<sup>2</sup>, Nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan nilai 25Mpa.

Tabel 4. 12 pengujian sampel 100%

|    | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)       | Tekan (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|----|----|--------------------|------------------|------------------------------|------------|
| II | 1  | II A               | 21               | 206.01                       | DATA ERROR |
|    | 2  | II B               | 22               | 215.82                       | VALID      |
|    | 3  | II C               | 23               | 225.63                       | VALID      |
|    | 4  | II D               | 22               | 215.82                       | VALID      |
|    |    | <b>rata - rata</b> | <b>22.33 Mpa</b> | <b>219.09</b>                |            |

Berdasarkan data yang didapatkan pada tabel diatas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 22.33Mpa atau setara dengan

219.09kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan nilai 25Mpa.

Tabel 4. 13 pengujian sampel 100%

|     | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)       | Tekan (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|-----|----|--------------------|------------------|------------------------------|------------|
| III | 1  | III A              | 20               | 196,2                        | DATA ERROR |
|     | 2  | III B              | 22               | 215.82                       | VALID      |
|     | 3  | III C              | 23               | 225.63                       | VALID      |
|     | 4  | III D              | 22               | 215.82                       | VALID      |
|     |    | <b>rata - rata</b> | <b>22.33 Mpa</b> | <b>219.09</b>                |            |

Berdasarkan data yang didapatkan pada tabel diatas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 22,33Mpa atau setara dengan 219.09kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan nilai 25Mpa.

Tabel 4. 14 pengujian sampel 100%

|    | NO | Benda Uji          | Kuat (Mpa)    | Tekan (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|----|----|--------------------|---------------|------------------------------|------------|
| IV | 1  | IV A               | 21            | 206.01                       | DATA ERROR |
|    | 2  | IV B               | 22            | 215.82                       | VALID      |
|    | 3  | IV C               | 23            | 225.63                       | VALID      |
|    | 4  | IV D               | 24            | 235.44                       | VALID      |
|    |    | <b>rata - rata</b> | <b>23 Mpa</b> | <b>225.63</b>                |            |

Berdasarkan data yang didapatkan pada tabel diatas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata-rata kuat tekan adalah 23Mpa atau setara dengan 225,63kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan nilai 25Mpa.

Tabel 4. 15 pengujian sampel 100%

|   | NO | Benda Uji   | Kuat (Mpa) | Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|---|----|-------------|------------|-----------------------------|------------|
| V | 1  | V A         | 20         | 196.2                       | DATA ERROR |
|   | 2  | V B         | 23         | 225.63                      | VALID      |
|   | 3  | V C         | 24         | 235.44                      | VALID      |
|   | 4  | V D         | 22         | 215.82                      | VALID      |
|   |    | rata – rata | 23 Mpa     | 225.63                      |            |

Berdasarkan data yang di dapatkan pada tabel di atas bisa ditarik hasil bahwa nilai rata rata kuat tekan adalah 23Mpa atau setara dengan 225.63kg/cm<sup>2</sup>, nilai tersebut hampir sama dengan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan nilai 25Mpa.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian sampel dan pengolahan data, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan data pengujian kekuatan sisa silinder beton didapatkan nilai kuat tekan yang hampir sama dengan nilai kuat tekan sebelum benda di uji untuk variasi 0% 22.66Mpa, untuk hasil variasi 50% 23Mpa, dan untuk hasil kuat tekan variasi 100% yaitu 22,6Mpa.
2. Untuk variasi 0%, 50%, dan 100% tidak memenuhi nilai kuat tekan beton mutu normal

#### **V.2 SARAN**

1. untuk penelitian lebih lanjut menggunakan volume limbah beton yang bervariasi
2. penggunaan limbah beton sebagai bahan tambah pada campuran beton bisa digunakan pada variasi 50%

## DAFTAR PUSTAKA

- Arafuru.com. *Sifat Beton Keras dan Beton Segar Beserta 15 Karakteristik yang Dimilikinya*. <https://arafuru.com/material/lihat-sifat-dan-karakteristik-dari-beton.html>.2021
- Abdul Haris *H.A., Ratih Sekartaji Sambodj, Febri Aditya (2017), Pengaruh Kuat Tekan Beton Mutu K-350*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000: Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2843-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* : Dewan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011: Standar Nasional Indonesia (SNI) 4431:2011 *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan* : Dewan Standardisasi Nasional.
- Ervianto, M dkk 2016. *Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (Fly Ash) Dan Zat Adiktif (Bestmittel.)* Penelitian Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. 2016. Vol.20, No.3,.
- Falentino, Y. 2018. *Pengaruh Perawatan Beton Yang Berbeda-beda Terhadap KekuatanBeton*.[https://www.researchgate.net/publication/331893963\\_Pengaruh\\_Perawatan\\_Bet\\_2018](https://www.researchgate.net/publication/331893963_Pengaruh_Perawatan_Bet_2018)Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. CV Andi Publishing, Jogjakarta.
- Imam Al Huda, Andri Alim Lingga, Gatot Setya Budi. *Stone Dush Sebagai Pengganti Agregat Terhadap Beton Normal*.
- Nurdin, S.S, dkk 2020. *Kajian Eksperimental Kuat Lentur Pada Balok Beton Mutu Tinggi Dengan Perkuatan Wiremesh Yang Menggunakan Limbah Beton*. Penelitian Universitas Fajar Makassar 2020.
- Rahman, I.F, dkk . *Kajian Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Material Cement Treated Base (Ctb)*. Penelitian Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Standar Nasional Indonesia 1974:2011. *Metode pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang dicetak*.
- Standar Nasional Indonesia 03-2495-1991. *Spesifikasi bahan tambahan untuk beton*.
- Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- Standar Nasional Indonesia 03-2847-2013. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.