

**STUDI EKSPERIMENTAL MIKROSTRUKTUR  
TERHADAP BETON MUTU TINGGI DENGAN  
PEMANFAATAN BETON LIMBAH**

**TUGAS AKHIR**

**Karya Tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari  
universitas fajar makassar**

**Oleh :**

**NUR AINUN HAFIFAH**

**1820121152**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR  
MAKASSAR  
2022**

STUDI EKSPERIMENTAL MIKROSTRUKTUR TERHADAP  
BETON MUTU TINGGI DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH  
BETON

Oleh

Nur Ainun Hafifah

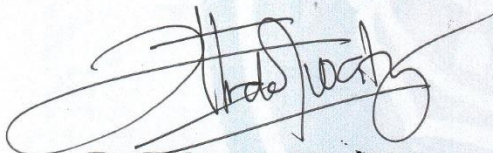
1820121152

Menyetujui

Tim Pembimbing

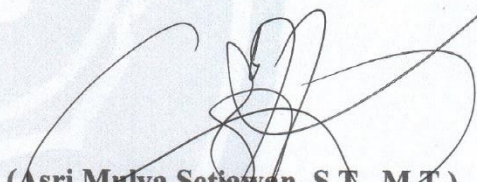
Tanggal, 9 Maret 2023

Pembimbing 1



(Dr. Erdawaty, ST., MT.)  
NIDN:0921047802

Pembimbing 2



(Asri Mulya Setiawan, S.T., M.T.)  
NIDN: 0921118801

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Fajar



(Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., M.T.)  
NIDN : 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Fajar



(Fatmawaty Rachim, S.T., M.T.)  
NIDN: 0919117903

## **PERNYATAAN ORISINIL**

Penulis ini dengan ini menyatakan bahawa Tugas Akhir :

**“Studi Eksperimental Mikrostruktur Terhadap Beton Mutu Tinggi Dengan Pemanfaatan Beton Limbah”** adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan panduan penulisan ilmiah yang berada di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 9 Maret 2023

Yang Menyatakan



Nur Ainun Hafifah

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga proposal penelitian ini dapat terselesaikan yang berjudul **“Studi Eksperimental Mikrostruktur Terhadap Beton Mutu Tinggi Dengan Pemanfaatan Beton Limbah”**. 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. Allah swt. 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. Dr. Erdawaty, ST., MT selaku dosen Pembimbing I.
6. Asri Mulya Setiawan, ST., MT 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 Riska Africillia Sodding serta keponakan tercinta Zaka Abidzar yang selalu memberikan ide serta bantuan hingga penelitian ini selesai
9. Teristimewa Teman sekaligus saudara saya Atika, Esti, Krismur, Kelvin, Ilham, Herman, Irsan, Farid, Irdan, Hasrul dan Faizul “Cerita Maros Squad” yang selalu menjadi partner *refreshing* dikala penat mengerjakan penelitian
10. Sahabat saya Ifah, Salma, Desi, Nengsi, Rezki, dan Kiki yang selalu memberikan motivasi dan juga gagasan saat kegiatan penelitian berlangsung
11. 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, 20 Juni 2022

**Nur Ainun Hafifah**

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
<b>I.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	2
I.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Mikrostruktur.....	4
II.2 Beton .....	4
<b>II.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton</b> .....	7
II.4 Faktor Yang Mempengaruhi Beton.....	8
II.4.1 Jumlah semen pada tiap kubik beton.....	9
II.4.2 Faktor A/C .....	9
II.4.3 Kekerasan Agregat .....	10
II.4.4 Gradasi Agregat.....	11
II.4.5 Pembersihan Agregat.....	11
II.4.6 Semen Sebagai Bahan Beton.....	11
II.4.7 Pengadukan Campuran Beton .....	12
II.4.8 Metode Pemadatan .....	13
II.4.9 Kuat Beton.....	14
II.4.10 Mobilisasi Campuran Beton .....	14
II.4.11 Pemeliharaan Beton ( <i>Curing</i> ).....	15
II.4.12 Umur Beton .....	15
II.4.13 Temperatur Beton.....	15
II.5 Beton Mutu Tinggi (Hight Strength Concrete) .....	16
II.6 Beton Silinder.....	17
II.7 Bahan Yang Dipakai Sebagai Penyusun Beton Mutu Tinggi .....	18

II.7.1 Semen Portland.....	18
II.7.2 Agregat Kasar.....	19
II.7.3 Agregat Halus.....	20
II.7.4 Zat Aditif.....	21
II. 8. Limbah Beton.....	22
II.9 Kuat Tekan Beton.....	23
II.10 Pengujian SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ).....	23
II.11 Pengujian EDS ( <i>Energy Dispersion Spectroscopy</i> ).....	24
II.12. Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III.....	29
METODE DAN PELAKSANAAN.....	29
<b>III.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian</b> .....	29
III.2 Alat dan Bahan.....	29
III.2.1 Alat.....	29
III.2.2 Bahan.....	30
III.3 Pelaksanaan Penelitian.....	30
III.3.1 Langkah Kerja.....	30
III.3.2 Pembuatan Benda Uji Silinder.....	32
III.4 Teknik Analisa Data.....	34
III.5 Bagan Alur.....	35
BAB IV.....	36
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
IV.1 Pengujian Karakteristik Agregat.....	36
IV.2. Hasil Yang Didapatkan Dalam Pengujian Agregat (Agregat Halus dan Agregat Kasar Alami). .....	36
IV. 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar (Limbah Beton).....	37
IV.4 Rancangan Campuran (Mix Design).....	39
IV.5 Slump Test.....	39
IV.6 Pengujian Kuat Tekan.....	41
IV.6 Pengujian SEM dan EDS.....	43
IV.6.1 Beton Normal ( 0% Limbah).....	43
IV.6.2 Beton Limbah (50% Limbah).....	47

BAB V.....	53
PENUTUP.....	53
V.1 Kesimpulan .....	53
V.1 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	55



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Interaksi Campuran Beton.....	5
Gambar 3. 1 Sampel Silinder .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3. 2Alat Uji Kuat Tekan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3. 3 Alat Uji SEM dan EDS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 1 Pengujian Slump .....	41
Gambar 4. 2 Pengujian Sifat Mekanik (Kuat Tekan Beton .....	41
Gambar 4. 3 Histogram kuat tekan pada masing-masing variasi benda uji .....	42
Gambar 4. 4 Gambar Pengujian SEM.....	46
Gambar 4. 5 hasil pengujian SEM beton normal (0% limbah) dengan pembesaran 1000x.....	43
Gambar 4. 6 hasil pengujian SEM beton normal (0% limbah) dengan pembesaran 3400x.....	44
Gambar 4. 7 hasil pengujian SEM beton normal (0% limbah) dengan pembesaran 5000x.....	44
Gambar 4. 8 hasil pengujian SEM beton normal (0% limbah) denganpembesaran 10000x.....	45
Gambar 4. 9 diagram pengujian EDS beton normal (0% limbah) .....	45
Gambar 4. 10 hasil pengujian SEM beton limbah (50% limbah) dengan pembesaran 1000x.....	47
Gambar 4. 11 hasil pengujian SEM beton limbah (50% limbah) dengan pembesaran 3400x.....	47
Gambar 4. 12 hasil pengujian SEM beton limbah (50% limbah) dengan pembesaran 5000x.....	48
Gambar 4. 13 hasil pengujian SEM beton limbah (50% limbah) dengan pembesaran 10000x.....	48
Gambar 4. 14 diagram pengujian EDS (50% Limbah) .....	49

Gambar 4. 15 hasil pengujian SEM beton limbah (100% limbah) dengan pembesaran 1000x.....	50
Gambar 4. 16 hasil pengujian SEM beton limbah (100% limbah) dengan pembesaran 3400x.....	50
Gambar 4. 17 hasil pengujian SEM beton limbah (100% limbah) dengan pembesaran 5000x.....	51
Gambar 4. 18 hasil pengujian SEM beton limbah (100% limbah) dengan pembesaran 10000x.....	51
Gambar 4. 19 diagram pengujian EDS (100% Limbah).....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kebutuhan Semen M3.....	9
Tabel 2. 2 Hubungan Antara Umur dan Kekuatannya.....	15
Tabel 2. 3 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC.....	16
Tabel 2. 4 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC.....	18
Tabel 2. 5 Susunan Unsur Semen Portland.....	19
Tabel 2. 6 Gradasi Agregat Kasar .....	20
Tabel 2. 7 Gradasi Agregat Halus .....	21
Table 3.1 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Persentase Limbah Beton.	
Tabel 4. 1Rekap dari hasil pengujian agregat halus. (Pasir) .....	37
Tabel 4. 2 Rekap pengujian dari agregat kasar (Limbah Beton).....	38
Tabel 4. 3 Campuran Bahan Beton 1 m3 .....	39
Tabel 4. 4 Komposisi Bahan Campuran Beton Untuk 1 benda uji sebesar 0.0072 m3 Ukuran Benda Uji (0,020 m x 0,010 m ) .....	39
Tabel 4. 5 Nilai Slump Untuk Tiap Variasi Limbah Beton .....	40
Tabel 4. 6 Hasil Pengolahan Data Kuat Tekan Beton yang Direncanakan.....	42
Tabel 4. 7 Hasil pengujian EDS sampel normal (0% limbah) .....	46
Tabel 4. 8 hasil pengujian EDS sampel normal (0% limbah) .....	49
Tabel 4. 9 hasil pengujian EDS sampel beton limbah (100% limbah) .....	52

## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
A	Luas Penampang Uji	31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminium	27
ASTM	American Standard Testing and Material	37
CaO	Kapur	27
EDS	Energi Dispersive X-Ray	1
FAS	Faktor Air Semen	35
F'c	Kuat Tekan	31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Besi	27
Gpa	Gigapascal	36
Kg	Kilogram	13
Mgo	Magnesia	27
mm	Milimeter	28
Mpa	Mega pascal	35
Na <sub>2</sub> O	Soda	27
P	Beban Tekan	31
SCC	Self Compacting Concrete	26
SEM	Scanning Electron Microscop	9
SII	Standar Industri Indonesia	9
SiO <sub>2</sub>	Silika	27
SO <sub>3</sub>	Sulfur	27
TEM	Transmission Electron Microscope	31
TTM	Tokyo Tasting Machine	37
UHPC	Ultra High Permance Concrate	26
UTM	Universal Testing Machine	41

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

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

Beton dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan seperti pasir, kerikil, batu pecah atau agregat lainnya. dengan semen dan air untuk membuat bahan seperti batu. Kadang-kadang satu atau lebih aditif ditambahkan untuk memberikan sifat fungsional khusus seperti kemampuan kerja, daya tahan, dan daya tahan Aditif yang dirancang untuk mengurangi penggunaan beton untuk retak. tetapi tidak merusak kualitas jaringan itu sendiri

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 daur ulang adalah campuran beton yang menggunakan beton bekas sebagai alternatif pengganti beton agregat, dimana dapat digunakan untuk menggantikan beton yang rusak. Berdasarkan nomor SII. 0052-80, hasil perengkahan beton memenuhi persyaratan pengecoran beton secara masal sehingga bahan hasil perengkahan beton dapat digunakan sebagai campuran untuk pembuatan semen

membutuhkan teknologi konstruksi yang meminimalkan eksploitasi lingkungan dan menggunakan limbah semen. Contoh upaya mitigasi ini adalah pemanfaatan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Merupakan alternatif pengganti beton karena agregat yang digunakan adalah agregat cor. Penggunaan kembali limbah beton memperpanjang umur material yang diperoleh dari limbah itu sendiri. Agregat daur ulang memiliki banyak kualitas, 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 **“Studi Eksperimental Mikrostruktur Terhadap Beton Mutu Tinggi Dengan Pemanfaatan Beton Limbah”**

## **I.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana kuat tekan beton tinggi yang menggunakan limbah beton sebagai bahan pembentuk beton?
2. Bagaimana gambaran mikrostruktur dan kandungan kimiawi beton mutu tinggi yang menggunakan beton limbah dengan pengujian SEM dan EDS?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kuat tekan beton mutu tinggi yang menggunakan limbah beton sebagai bahan pembentuk beton
2. Untuk mengetahui gambaran mikrostruktur dan kandungan kimiawi beton mutu tinggi yang menggunakan beton limbah dengan pengujian SEM dan EDS

#### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian SEM dan EDS pada umur 28 hari
2. Benda uji yang dipakai ialah silinder 10x20 cm.
3. Pengujian slump test pada benda uji sebesar 8 cm
4. Perendaman dilakukan selama 28 hari sebagai perawatan benda uji.
5. Limbah beton dengan ukuran 1/2 dan 3/8
6. Kadar penggunaan limbah beton adalah 0%, 50%, dan 100%
7. Tambahan zat aditif berupa superplasticizier merk sika viscocrete 1003 dengan dosis 1%
8. Pengujian kuat tekan benda uji beton
9. Uji SEM dengan pembesaran 1000x, 3400x, 5000x, dan 10000x
10. Tidak meneliti tentang pola retak beton silinder

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Mikrostruktur**

struktur skala yang sangat kecil dari suatu material, yang didefinisikan sebagai struktur permukaan material yang disiapkan seperti yang diungkapkan oleh mikroskop optik di atas perbesaran 25x. Mikrostruktur skala yang sangat kecil dari suatu material, yang didefinisikan sebagai struktur permukaan material yang disiapkan seperti yang diungkapkan oleh mikroskop optik di atas perbesaran 25x. Untuk mengukur fitur mikrostruktur, baik morfologi dan sifat material harus dikarakterisasi. Pengolahan citra adalah teknik yang kuat untuk penentuan fitur morfologi seperti fraksi volume. Untuk memperoleh mikrograf, mikroskop optik dan mikroskop elektron biasanya digunakan.

#### **II.2 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.

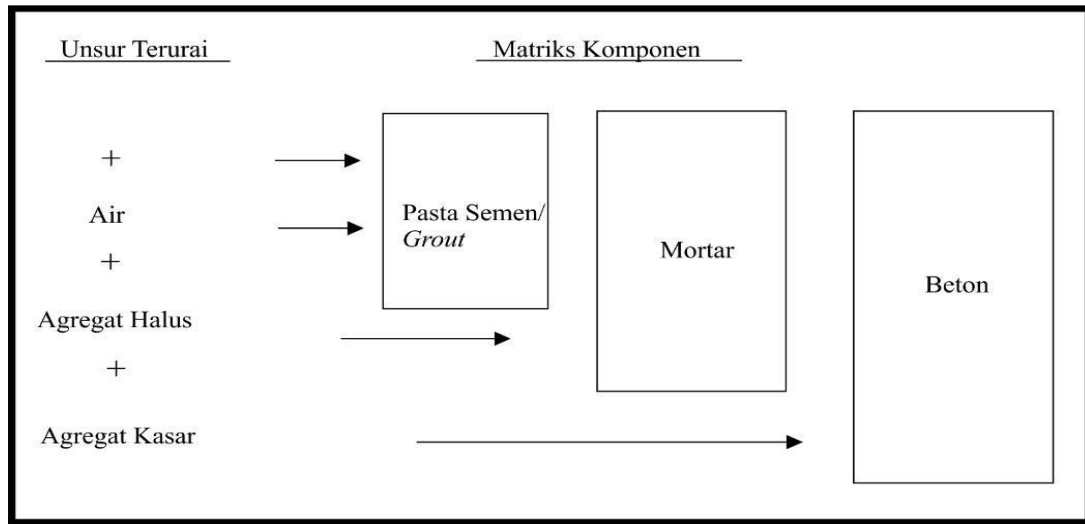
Beton yang berkualitas baik memiliki beberapa keunggulan, diantaranya ketahanan terhadap karat atau pembusukan akibat kondisi lingkungan kuat tekan yang tinggi, ketahanan aus dan tahan terhadap (panas, dingin, matahari, hujan). Beton juga memiliki beberapa kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah, mengembang 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.

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.3 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 :

1. Bahannya mudah didapatkan, sehingga harganya relatif murah
2. masuk kedalam kategori bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan jauh lebih murah
3. 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.

4. 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 :

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat sehingga cara perencanaan dan pelaksanaan bermacam-macam pula.
3. 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.4 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.4.1 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). Jumlah minimum kadar semen pada campuran beton harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu mengisi ruang-ruang antara pada bahan pengisi. Dalam hal ini kalau kurang cukup semen sebagai bahan pengisi pori-pori campuran beton, maka akan didapatkan suatu campuran beton yang sukar dimampatkan demikian pula beton akan poreus, permeable dan tidak tahan lama sehingga kekuatan beton akan menurun. Pada campuran beton dengan gradasi yang memenuhi syarat maka kebutuhan semen tiap m<sup>3</sup> dengan mutu beton tertentu dapat digambarkan seperti tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Kebutuhan Semen M3

Kelas Mutu Beton	Kebutuhan Akan Semen / m <sup>3</sup>
K125	± 225 kg
K175	± 275 s / d 290 kg
K225	± 300 s / d 325 kg

Sumber : Jurnal, I Gede Putu Joni (2017)

#### II.4.2 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

berkelebihan 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 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 pertimbangan sebagai berikut:

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

#### **II.4.3 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.4.4 Gradasi Agregat**

Yang dimaksud dengan gradasi agregate 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.4.5 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 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.

#### **II.4.6 Semen Sebagai Bahan Beton**

Dapat dikatakan semen merupakan tulang punggung beton, oleh karena semen menjadi bahan yang mempersatukan butir-butir pasir dan kerikil menjadi satu kelompok yang disebut beton. Dengan demikian nilai semen langsung mempengaruhi kualitas beton. Jadi beton yang dibuat dengan semen yang bernilai lebih tinggi akan mempunyai kekuatan tekan yang lebih tinggi juga. Produksi semen di Indonesia sekarang ada dua nilai yaitu S 550 dan S 475. Semen yang

termasuk S 550 antara lain semen-semen: Gresik, Tiga Roda, Kujang dan Padang, sedangkan semen S47 ialah semen Tonasa.

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.4.7 Pengadukan Campuran Beton**

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.4.8 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 pematatannya. Pematatan 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 pematatannya dilakukan dengan merojok hasilkepadatannya terbatas, maka mutu betonpun juga terbatas, karena semakin padat beton semakin tinggi mutunya, semakin tidak padat beton semakin rendah mutunya. Maka dianjurkan pematatan dengan menggunakan alat-alat pematat mekanis baik berupa jarum penggetar maupun penggetar harmer (bekisting). Dengan cara ini energi yang dihasilkan lebih besar dan daya pematatannya pun lebih tinggi, sehingga dapat diperoleh beton yang lebih baik. Untuk dapat dicapai kepadatannya yang baik, pematatan 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.4.9 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.4.10 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.4.11 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.4.12 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. 2 Hubungan Antara Umur dan Kekatannya

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.4.13 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 dikerjakandengan memberikan es.
2. Dengan jalan mendinginkan kerikil. Kerikil dapat didinginkandengan menyemprot air dingin.
3. Dengan melindungi material dari sinar matahari dengan jala nmemberikan atap.
4. Dan lain-lain, seperti pengecoran pada malam hari.

Proporsi jumlah material penyusun SCC berdasarkan metode EFNARC (*the European federation of specialist constructions mechanical dan concrete system*) seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. 3 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC

Material	Internal berat (kg/m <sup>3</sup> )
Powder	380-600
Air	150-21-
Agregat kasar	750-1000
Agregat halus	48-55% dari berat agregat

Sumber: EFNARC 2005

## II.5 Beton Mutu Tinggi (Hight 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 penaganan. 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.6 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. 4 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: data Zefanya

## II.7 Bahan Yang Dipakai Sebagai Penyusun Beton Mutu Tinggi

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

### II.7.1 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.

Tabel 2. 5 Susunan Unsur Semen Portland

Oksida	Persentase
1	2
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO <sub>2</sub>	17-25
Alumina Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3-8
Besi Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, S <sub>03</sub>	1-2
Soda/potash, Na <sub>2</sub> O	0,5-1
K <sub>2</sub> O	

Sumber: zefanya (2021)

Hasil utama dari proses hidrasi semen berupa  $(3CaO.2SiO_2.3H_2O)$  atau  $C_3S_2H_3$  atau CSH yang biasa disebut tobermorite yang berbentuk gel. Hasil lain berupa kapur bebas Ca  $(OH)_2$  yang merupakan sisa dari reaksi  $C_3S$  dan  $C_2S$  dengan air

### II.7.2 Agregat Kasar

Agregat kasar pada umumnya berbutir lebih besar dari 4,80 mm, contoh agregat kasar seperti, kerikil, keracak, 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. 6 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: Google

### II.7.3 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 konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
6. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Tabel 2. 7 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (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 : Google

#### II.7.4 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:

1. Memperbaiki kinerja workability.
2. Mengurangi penyusutan.

3. Mempertinggi usia beton.
4. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
5. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika.
6. Mempertinggi kekuatan beton.
7. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton, mengurangi biaya pekerjaan beton.

## **II. 8. 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.9 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.

Nilai kuat tekan beton dapat ditentukan dengan persamaan :

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

Keterangan:

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

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

P = beban tekan ( N )

## II.10 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah (*Scanning Electron Microscope*; SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang mencitrakan permukaan sampel oleh pemindaian dengan pancaran tinggi elektron. Elektron yang berinteraksi dengan atom yang membentuk sampel menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang sampel dari permukaan topografi, komposisi dan sifat lainnya seperti daya konduksi listrik. Saat ini, pemindaian mikroskop elektron digunakan di berbagai bidang mulai dari biologi hingga teknik material, dan banyak produsen menawarkan serangkaian perangkat dengan detektor elektron sekunder dan resolusi yang berkisar antara 0.4 nanometer, hingga 20 nanometer. Sampel untuk SEM dapat berupa padatan, spesimen ruah dari berbagai ukuran yang akan muat dalam ruang spesimen. Sampel umumnya dipasang dengan kuat pada dudukan spesimen yang disebut stub spesimen menggunakan perekat konduktif, namun penjepit mekanik adalah alternatif yang mungkin. Beberapa model SEM bisa meneliti setiap bagian dari suatu wafer semikonduktor berukuran 6-inci (15 cm), dan beberapa dapat memiringkan objek dengan ukuran tersebut sebesar 45° dan memberikan terus menerus rotasi 360°.

Spesimen nonkonduktif cenderung bermuatan ketika dipindai oleh berkas elektron, dan terutama dalam modus pencitraan elektron sekunder, hal ini menyebabkan kesalahan pemindaian gambar dan artefak lainnya. Untuk pencitraan konvensional dalam SEM, spesimen harus konduktif listrik, setidaknya di permukaannya, dan direndahkan untuk mencegah akumulasi muatan elektrostatik. Benda logam memerlukan sedikit persiapan khusus untuk SEM kecuali untuk membersihkan dan pemasangan pada rintisan spesimen. Material non konduktif biasanya dilapisi dengan lapisan ultra tipis material pengkonduksi listrik, yang diendapkan pada sampel. Bahan yang konduktif digunakan saat ini untuk lapisan spesimen termasuk emas, paduan emas/paladium, platina, osmium, Iridium, tungsten, kromium, dan grafit. Pelapisan dengan logam berat dapat meningkatkan rasio sinyal/bising bagi sampel dengan nomor atom, (Z) rendah. Peningkatan tersebut muncul karena emisi elektron sekunder untuk material dengan Z-tinggi diperkuat.

### **II.11 Pengujian EDS (*Energy Dispersion Spectroscopy*)**

merupakan suatu teknik analisa yang berfungsi mengetahui unsur atau sifat kimia dari suatu sampel. Teknik analisa ini biasanya dikombinasikan dengan alat lain yang menggunakan sinar elektron sebagai prinsip kerjanya, misalnya Scanning Electron Microscope (SEM), atau Transmission Electron Microscope (TEM). Kelebihan dari EDS adalah mampu melakukan analisa untuk sampel berukuran sangat kecil. EDS digunakan untuk mengetahui komposisi kimia dari material beton dan lain-lain.

### **II.12. 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 pengerjaannya 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 jumlah air 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 betob 25% adalah kadar paling optimum sebagai pengganti agregat kasar.

Pada penelitian hamid, dkk (2014) bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan agregat limbah sebagai agregat kasar dengan penentuan kekuatan rencana kinerja tinggi grade 80 Mpa. Adapun beberapa proporsi yang digunakan sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Ukuran benda uji yang akan diteliti ialah beton silinder dengan ukuran 7,62 cm dan 15,24 cm. penelitian ini menghasilkan kuat tekan beton teringgi sebesar 85,51 Mpa. Pengganti agregat alami dengan agregat beton limbah pada proporsi 20% mengalami penurunan yang sangat signifikan yaitu 20,97% (dari 85,51 Mpa menjadi 67,58), berlanjut pada rasio pergantian selanjutnya yaitu 40% ( $f_c' = 57,92$  Mpa), 100% ( $f_c' = 53,79$  Mpa). Untuk modulus elastisitas beton juga mengalami penurunan seiring dengan penurunan kekuatan kuat tekannya. Dengan proporsi pergantian yang sama terjadi penurunan yang stabil, yaitu 0% ( $E_c = 49,04$  GPa), 20% ( $E_c = 41,827$  GPa), 40% ( $E_c = 38,127$  GPa), 60% ( $E_c = 34,689$  GPa), 80% ( $E_c = 30,008$  GPa), 100% ( $E_c = 27,739$  GPa).

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 kontruksi 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 dan air yang tersisa meningkatkan rasio air- semen. Agregat beton limbah yang dapat digunakan sampai tiorngkat 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.



## **BAB III METODE DAN PELAKSANAAN**

### **III.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan selama 65 hari dimulai dari bulan juni 2021- Agustus 2021. 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 :

- a. Timbangan dengan kapasitas lima kg dengan menggunakan ketelitian hingga 0,1 gram
- b. Satu set alat TTM (*Tokyo Testing Machine*) untuk pengujian kuat lentur.
- c. *Mixer* atau mesin pencampur bahan penyusun beton
- d. Oven atau pengering yang menggunakan pengaturan suhu.
- e. Ayakan ASTM satu set.
- f. Penampungan air yang berfungsi untuk perendaman benda uji
- g. Gelas ukur dengan kapasitas 2000 mililiter dan kapasitas 50 mililiter dipakai untuk menekan air.
- h. Cawan atau talam *stainlees steel*, berfungsi untuk mendinginkan larutan.
- i. Mistar, dipakai untuk mengukur penurunan beton segar dalam pengujian slump beton.
- j. Ember, sebagai tempat air dan wadah adukan.
- k. Karung goni
- l. Palu, untuk mempermudah penghancuran limbah beton.

### **III.2.2 Bahan**

Untuk bahan yang dipakai adalah sebagai berikut :

- a. Semen
- b. Pasir atau biasa disebut dengan agregat halus.
- c. Kerikil dan Limbah Beton atau biasa disebut dengan Agregat kasar.
- d. Air
- e. *Superplastizer*

### **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).

Tahapan ini dilakukan untuk pencarian terhadap aneka macam atau sumber tulisan, baik berupa buku, arsip, artikel serta jurna atau dokumen yang relevan dengan sumber yang sudah dikaji. Sehingga materi yang didapatkan menurut studi literatur ini dijadikan acuan buat memperkuat argumentasi yang ada.

b) Tahap II (Persiapan).

Tahap ini semua bahan dan alat yang akan dipakai disiapkan terlebih dahulu termasuk pemecahan limbah beton untuk dijadikan agregat kasar supaya penelitian berjalan lancar

c) Tahap III ( Tahap Uji Bahan).

Tahap ini dilakukan dengan pengujian terhadap bahan penyusun beton yaitu agregat. Dari pengujian bisa diketahui bahan tadi memenuhi syarat atau tidak.

d) Tahap IV ( Pembuatan *Mix Design*)

Mix design merupakan perencanaan pembuatan campuran beton atau perencanaan komposisi beton dengan penambahan limbah beton serta penambahan superplastizer jenis sika semen.

e) Tahap V (Tahap Pengujian Slump)

Tahapan ini dilakukan pengujian slump test yang bertujuan untuk menentukan bagaimana kekentalan adukan beton dan menunjukkan hasil dari penentuan slump beton pada pembuatan rancangan adukan beton.

f) Tahap VI (Tahapan Pembauatan Benda Uji).

Tahapan ini berdasarkan hasil perhitungan atau perancangan mix design yang wajib dilakukan dalam tahapan adalah

1. Pengecoran ke dalam cetakan beton berbentuk silinder.
2. Benda uji dikeluarkan dari *bekisting* setelah umur 1hari (24 jam).

g) Tahap VII (Tahapan Curing atau Perawatan Benda Uji).

Dalam pelaksanaanya curing bertujuan agar bisa mengetahui perkembangan sifat mekanik beton dalam hal ini kuat tekan setelah direndam dengan air dengan umur perendaman yang telah ditentukan yaitu umur 28 hari.

h) Tahap VIII ( Tahapan pengujian benda uji)

Pengujian dilakukan menggunakan alat TTM dalam hal pengujian kuat tekan serta alat SEM dan EDS

i) Tahap IX (Tahapan Pembahasan dan Analisis Data).

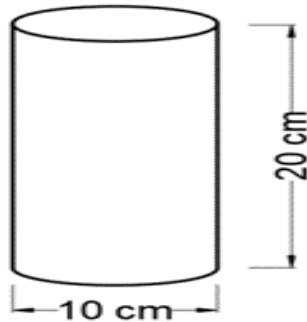
Tahapan ini bertujuan untuk pengumpulan data pengujian serta melakukan perhitungan pengujian kuat tekan. Kemudian selanjutnya masuk dalam Analisa hasil kuat tekan beton mutu tinggi serta hasil SEM dan EDS yang menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar.

j) 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 Pembuatan Benda Uji Silinder

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



Gambar.3.1 Sketsa Bentuk dan Ukuran Benda Kerja

Perhitungan jumlah benda uji beton dengan variasi limbah beton sebagai pengganti agregatnya adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Persentase Limbah Beton.

Umur Rencana 28 Hari	Sifat Mekanik	Variasi Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar			Benda Uji yang akan dibuat
		0%	50%	100%	
	PerkutanLentur	4	4	4	12
Total Jumlah Benda Uji					12

#### III.3.2.1 Pembuatan Benda Uji

Berdasarkan tabel 3.1 menjelaskan langkah-langkah pembuatan benda uji beton dengan penambahan superplasticizer sebagai berikut:

- a. Menyiapkan dan menimbang bahan yang akan terpakai sesuai dengan perencanaan mix design

- b. .Menyiapkan molen yang kemudian menuangkan agregat kasar (limbah beton) dan agregat halus.
- c. Selanjutnya masukan semen.
- d. Setelah tercampur merata, tambahkan air yang sudah ditimbang atau diukur sesuai hasil perencanaan *mix design*
- e. Tambahkan superplasticizer kedalam campuran tersebut sesuai *mix design* yang telah direncanakan
- f. Setelah semua campuran merata, maka dilakukan uji slump buat mengetahui taraf *workability* adukan
- g. Apabila nilai slump sudah terpenuhi, adukan beton bisa dituangkan kedalam cetakan dan dipadatkan sampai merata
- h. Mengulangi langkah dua hingga 7 buat benda uji yang lainnya menggunakan jumlah yang telah ditetapkan
- i. Diamkan pada tempat kering selama kurang lebih 24 jam.
- j. Setelah 24 jam, maka cetakan dibuka lalu masuk dalam tahapan perawatan atau *curing* menggunakan cara perendaman.

### **III.3.2.2 Curing (Perawatan).**

Perawatan beton ini dilakukan setelah beton diangkat dari bekisting berbentuk silinder. Yang berguna agar poses reaksi semen dengan baik. Perendaman ini dilakukan antara 27-28 hari sebelum dilakukan pengujian pada sampel.

### **III.3.2.3 Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data nantinya akan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, diantaranya proses pembuatan benda uji berupa data dari hasil pengujian agregat (uji karakteristik material), dan hasil dari uji kuat tekan pada beton dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Untuk uji SEM dan EDS dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia dengan menggunakan alat *JED-2300 Analysis Station*

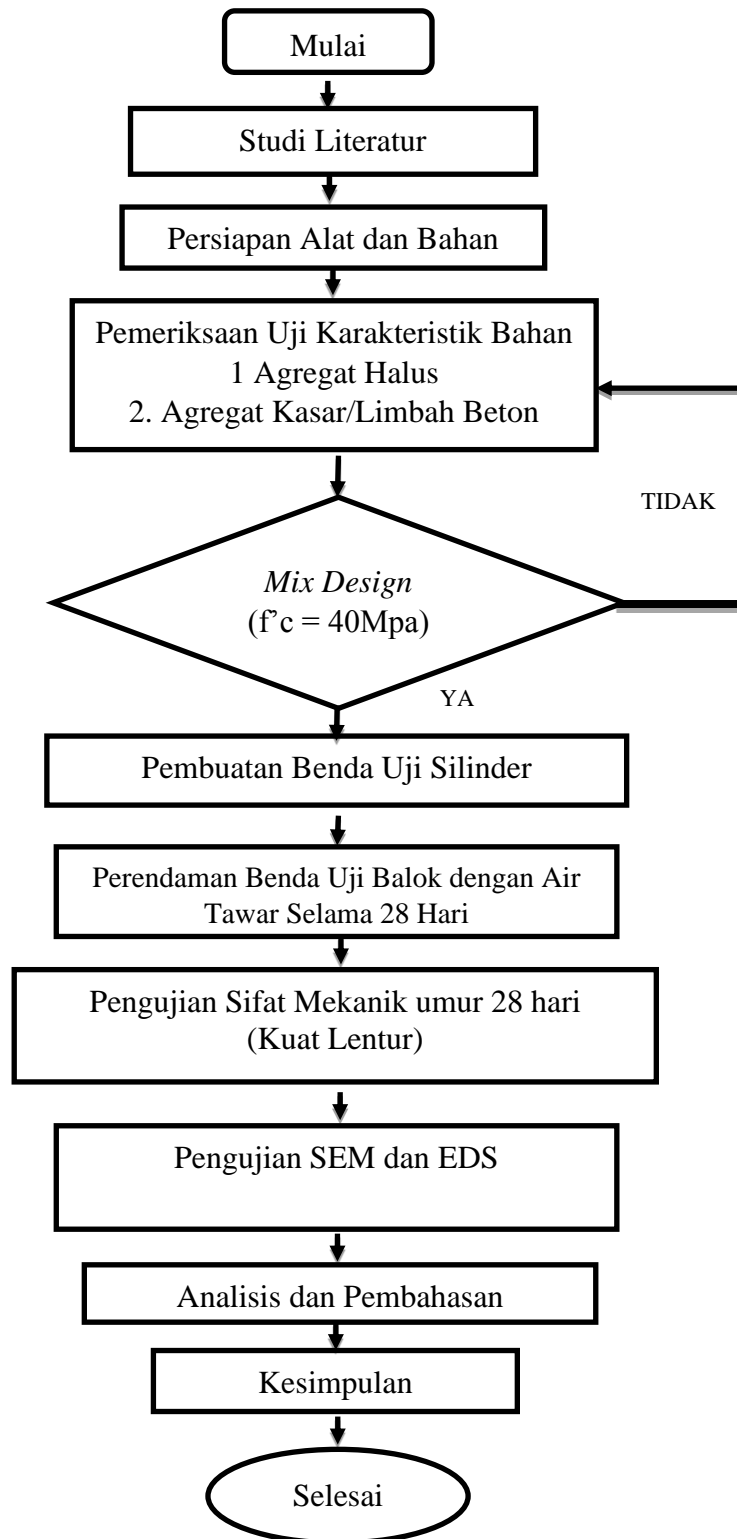
#### **III.4 Teknik Analisa Data**

Dalam penelitian ini teknik analisis data yang dipakai merupakan analisis deskriptif, yaitu bentuk analisis yang menaruh gambaran data diperoleh menurut output penggunaan limbah beton menhadi pengganti agregat kasar menggunakan variasi limbah beton yang di pakai sebanyak 0%, 50% dan 100%. Analisa penelitian ini bertujuan untuk mengrtahui gambaran terkecil material terhadap sifat mekanik beton baru yang menggunakan beton limbah dengan pengujian SEM dan EDS.

#### **III.5 Prosedur Pengujian SEM dan EDS**

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam pengujian SEM dan EDS adalah dengan memecah beton silinder dan mengambil lapisan paling tengah yang ada pada tengah-tengan beton dengan cara menggunakan gerinda atau amplas. Ukuran beton yang diambil sangat kecil dengan ukuran 0.5 x 1 cm. pastikan beton yang diuji kering karena jika terdapat air maka akan merusak alat uji yang digunakan, kemudian beton yang sudah di amplas tadi di masukkan kedalam alat uji.

### III.5 Bagan Alur



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **IV.1 Pengujian Karakteristik Agregat**

Pengujian karakteristik bahan penyusun beton sangatlah penting dilakukan guna mengetahui jenis agregat yang digunakan sebelum melakukan pencampuran beton agar dapat memenuhi persyaratan yang diatur dalam spesifikasi Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini Adapun material yang melewati proses pengujian karakteristik yaitu pengujian agregat halus, agregat kasar (kerikil) dan limbah beton.

#### **IV.2. Hasil Yang Didapatkan Dalam Pengujian Agregat (Agregat Halus dan Agregat Kasar Alami).**

Material yang dipakai dalam penelitian ini yaitu agregat halus dan kasar yang berasal dari Kabupaten Pinrang. Pengujian agregat dilakukan pada Laboratorium bahan dan beton Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar. Setiap pengujian mengacu pada syarat Standar Nasional Indonesia.

Dari pengujian yang telah dapat dilihat pada tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian karakteristik agregat halus, dari hasil pengujian diketahui bahwa memenuhi persyaratan SNI karena hasil pengujian agregat halus masuk dalam interval agregat halus yang di isyaratkan SNI. Namun absorsi pada agregat halus tidak masuk interval yang diisyaratkan oleh SNI dimana yang didapatkan pada saat pengujian nilai absorsi sebesar 2,04 % sedangkan yang diatur dalam SNI adalah 0,2 – 2 %. Maka dari itu, material tersebut diberikan treatment dengan cara di jemur lebih lama. Sedangkan untuk pengujian karkaterisrik agregat kasar semua memenuhi persyaratan yang diatur dalam SNI, hasil pengujian agregat kasar terlihat pada tabel 4.1 Adapun perhitungan hasil laboratorium disajikan pada tabel berikut :



Tabel 4. 1Rekap dari hasil pengujian agregat halus. (Pasir)

No	Jenis Pengujian Agregat	Hasil Dari Pengujian	Spesifikasi SNI	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	2,630	0,20 – 5,00	Memenuhi (Lampiran No.1)
2	Modulus Kehalusan (%)	2,980	2,30 – 3,10	Memenuhi (Lampiran No.2)
3	Kadar Air (%)	4,530	3,00 – 5,00	Memenuhi (Lampiran No.3)
4	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,395	1,40 - 1,90	Memenuhi (Lampiran No.4)
	b. Kondisi Padat (kg/ltr)	1,473	1,40 - 1,90	Memenuhi (Lampiran No.4)
5	Berat Jenis			
	a. Nyata (gr)	2,890	1,60 – 3, 30	Memenuhi (Lampiran No.5)
	b. Dasar Kering (gr)	2,680	1,60 – 3, 31	Memenuhi (Lampiran No.5)
	c. Kering Permukaan (gr)	2,750	1,60 – 3, 32	Memenuhi (Lampiran No.5)
6	Absorpsi (%)	2.880	0,20 – 2,00	Tidak Memenuhi Syarat (Lampiran No.5)
7	Kadar Organik	<No 1	<No 3	Memenuhi (Lampiran No.6)

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan data hasil pengujian karakteristik terlihat bisa terlihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 bahwa pada pengujian agregat halus dan kasar memenuhi syarat SNI, karena bisa terlihat dari pengujian agregat masuk dalam spesifikasi agregat yang disyaratkan SNI, akan tetapi nilai absorpsi agregat halus tidak memenuhi syarat SNI.

#### IV. 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar (Limbah Beton).

Material limbah beton yang digunakan berasal dari limbah beton Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar dan Laboratorium Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

Pengujian karakteristik limbah beton dilaksanakan pada Laboratorium bahan dan beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar selalu berpedoman pada SNI (Agregat Kasar). Dimana pada limbah beton disini berfungsi menjadi bahan menggantikan dari agregat kasar alami. Dapat dilihat pada tabel 4.3 Hasil Pengujian Limbah Beton.

Tabel 4. 2 Rekap pengujian dari agregat kasar (Limbah Beton).

No	Jenis Dari Pengujian	Hasil Dari Pengujian	Spesifikasi SNI	Keterangan
1	Berat Volume			
	Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,610	1,60 – 1,90	Memenuhi (Lampiran No.13)
	Kondisi Padat (kg/ltr)	1,690	1,60 – 1,90	Memenuhi (Lampiran No.13)
2	Modulus Kehalusan (%)	6,210	6,00 – 7,10	Memenuhi (Lampiran No.14)
3	Kadar Air (%)	1,350	0,50 – 2,00	Memenuhi (Lampiran No.15)
4	Kadar Lumpur (%)	1,00	Maks 1	Memenuhi (Lampiran No.16)
5	Berat Jenis			
	a. Nyata (gr)	2,910	1,60 – 3, 33	Memenuhi (Lampiran No.17)
	b. Dasar Kering (gr)	2,430	1,60 – 3, 34	Memenuhi (Lampiran No.17)
	c. Kering Permukaan (gr)	2,480	1,60 – 3, 35	Memenuhi (Lampiran No.17)
6	Absorpsi (%)	2,010	Maks 4 %	Memenuhi (Lampiran No.17)
7	Keausan (%)	41,20	Maks 50	Memenuhi (Lampiran No.18)

Sumber : Zefamya (2018)

Berdasarkan data yang didapatkan terlihat pada tabel 4.3 bisa ditarik kesimpulan bahwa limbah beton yang menjadi pengganti agregat kasar memenuhi persyaratan SNI karena semua hasil pengujian limbah beton masuk dalam spesifikasi agregat yang disyaratkan SNI.

#### IV.4 Rancangan Campuran (Mix Design)

Pada *mix design* mutu beton rencana adalah F'c 40 Mpa. Dari penelitian ini menggunakan bahan tambah yaitu produk dari Sika jenis *Superplasticizer*. Hasil dari pemeriksaan material dan *mix design* diperoleh campuran agregat yang tepat bisa dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Campuran Bahan Beton 1 m<sup>3</sup>

Komposisi Bahan Penyusun Beton						
Berat /m <sup>3</sup> Beton	Air	Semen	Pasir	Kerikil	Superplasticizer	Total Berat
(kg)	400	1250	271.25	503.75	1.25	2,427
Persentase	16,4 %	51,1%	11,0%	20,1%	5,2%	100%

Sumber : Jurnal, Sutran Siding dkk, (2020)

Tabel 4. 4 Komposisi Bahan Campuran Beton Untuk 1 benda uji sebesar 0.0072 m<sup>3</sup> Ukuran Benda Uji (0,020 m x 0,010 m )

Komposisi Bahan Penyusun Beton					
Berat /m <sup>3</sup> Beton	Air	Semen	Pasir	Kerikil	Superplasticizer
(kg)	0.3925	1.9625	0.425	0.7912	0.009

Sumber : Dari Hasil Pengolahan Data

#### IV.5 Slump Test

Pengujian slump test dilakukan buat mengetahui kekentalan (*workability*) adukan beton. Kekentalan adukan beton adalah nilai dari tingkat kemudahan campuran sebagai pekerjaan konstruksi tanpa mengakibatkan pemisahan bahan penyusun beton (*segregasi*). Peningkatan kekentalan beton dipengaruhi oleh jumlah

air, jumlah semen, bentuk butir agregat dan besar butir agregat. Pengujian slump test dilakukan sebanyak 1 kali pada masing-masing variasi.

Tabel 4. 5 Nilai Slump Untuk Tiap Variasi Limbah Beton

No	Varisasi Campuran (%)	Test Slump(Cm)	Tes SlumpRata-rata (Cm)
1	0	8	8
2	50	8	
3	100	8	

Sumber : Jurnal, Sutran Siding: dkk, (2020)

*Workability* merupakan sifat beton yang dikehendaki dalam tiap perencanaan komposisi adukan beton. Arti *workability* merupakan kemudahan pengerjaan beton dari pencampuran, pengecoran, dan pengangkutan sehingga tidak mengurangi homogenitas dan beton tidak terurai.

Hasil uji slump yang terlihat pada gambar IV.1 dengan test slump rata-rata 8 cm sesuai dengan test slump yang direncanakan akan tetapi dalam proses pengerjaannya (pengecoran) cukup sulit dilakukan yang mana disebabkan oleh FAS yang rendah serta kebutuhan semen yang besar. Kebutuhan semen didapat dari pembagian kebutuhan air dengan (FAS) sebagai hasilnya terlihat pada table IV.4 campuran untuk 1 m<sup>3</sup> beton. Jadi dapat disimpulkan untuk *workability* beton mutu tinggi dengan penggunaan limbah beton sebagai bahan pengganti agregat kasar cukup sulit dalam pengerjaannya baik dalam proses pencampuran maupun proses pencetakan.



Gambar 4. 1 Pengujian Slump

#### IV.6 Pengujian Kuat Tekan

Setelah direndam selama 28 hari. Pengujian kuat tekan dilaksanakan masing-masing berdasarkan ASTM C39/C39M-01 (*Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*), ASTM C496-96 (*Standard test method for tensile splitting of concrete*), modifikasi JIS A 1106 -1999 (JIS A 1106, 1999, *Method of Test for Flexural Strength of Concrete- Supplement : Using Simple Beam With Center-Point Loading*) .



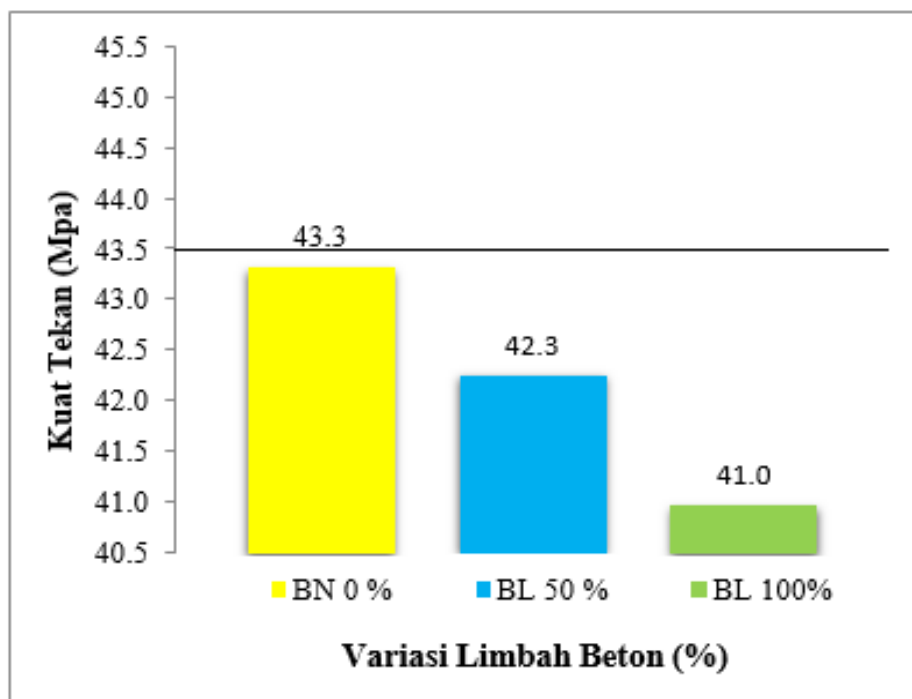
Gambar 4. 2 Pengujian Sifat Mekanik (Kuat Tekan Beton

Tabel IV. 6 Hasil Pengolahan Data Kuat Tekan Beton yang Direncanakan

Variasi serta No Sampel	Tinggi Silinder (cm)	Diameter Silinder (cm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Berat (Gram)	Beban P Maks (KN)	N	Kuat Tekan (F'c) Mpa	Rata-rata (F'c) MPa
BN 0%	1	20	7850	3650	340	340000	43.312	
	2	20	7850	3720	335	335000	42.675	<b>43.3</b>
	3	20	7850	3665	345	345000	43.949	
BL 50%	1	20	7850	3545	335	335000	42.675	
	2	20	7850	3459	320	320000	40.764	<b>42.3</b>
	3	20	7850	3765	340	340000	43.312	
BL 100%	1	20	7850	3865	325	325000	41.401	
	2	20	7850	3790	320	320000	40.764	<b>41.0</b>
	3	20	7850	3809	320	320000	40.764	

Keterangan : BN = Balok Normal, BL = Balok Limbah

Sumber : Zefanya (2018)



Gambar 4. 3 Histogram kuat tekan pada masing-masing variasi benda uji  
Keterangan : BN = Balok Normal dan BL = Balok Limbah

Untuk variasi beton 0% kuat tekan benda uji silinder (menggunakan agregat kasar alami) sebesar 43,30 Mpa, dibandingkan dengan kuat tekan benda uji yang menggunakan persentase limbah beton sebesar 50%, mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 42.3 Mpa dan yang menggunakan limbah beton sebesar 100% mendapat nilai kuat tekan sebesar 41.0 Mpa . Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan mengikuti persyaratan yang ada pada standar kuat tekan beton mutu tinggi yaitu sebesar (>40 Mpa) dan sebagai kontrol mutu untuk memenuhi persyaratan pembuatan benda uji balok.

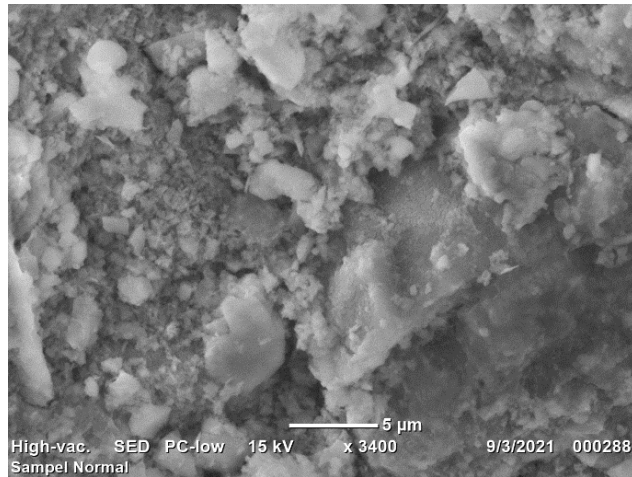
#### IV.6.1 Beton Normal ( 0% Limbah)



Gambar 4. 4 hasil pengujian SEM beton normal (0% limbah) dengan pembesaran 1000x

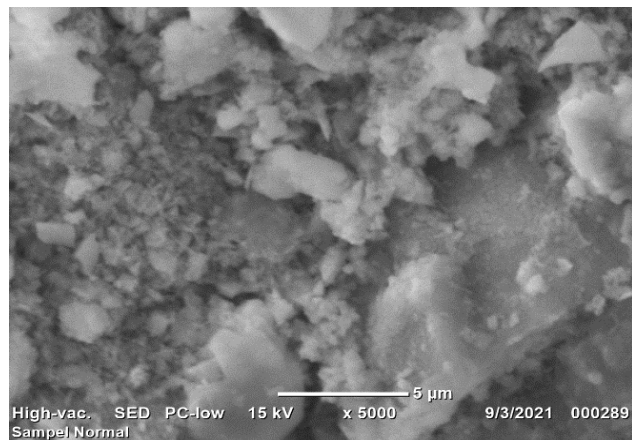
Sumber: hasil penelitian

Pada pembesaran 1000x dengan persentase 0% limbah atau beton normal tanpa campuran limbah beton terlihat erat tanpa ada retakan, materialnya terlihat menyatu dengan erat.



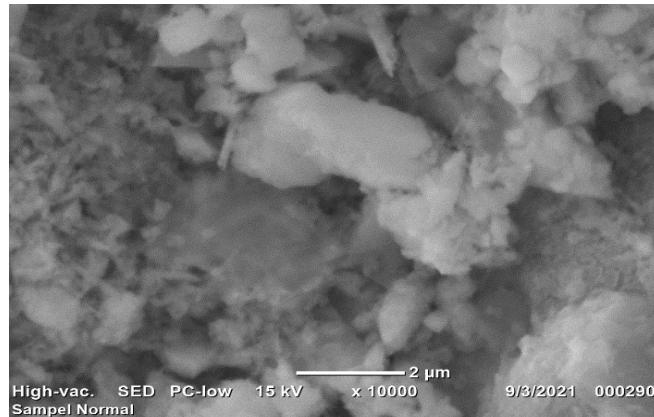
Gambar 4. 5 hasil pengujian SEM beton normal (0% limbah) dengan pembesaran 3400x  
Sumber: hasil penelitian

Pada pembesaran 3400x dengan persentase 0% limbah atau beton normal tanpa campuran limbah beton terlihat erat tanpa ada retakan, materialnya terlihat menyatu dengan erat tidak jauh beda dari pembesaran 1000x

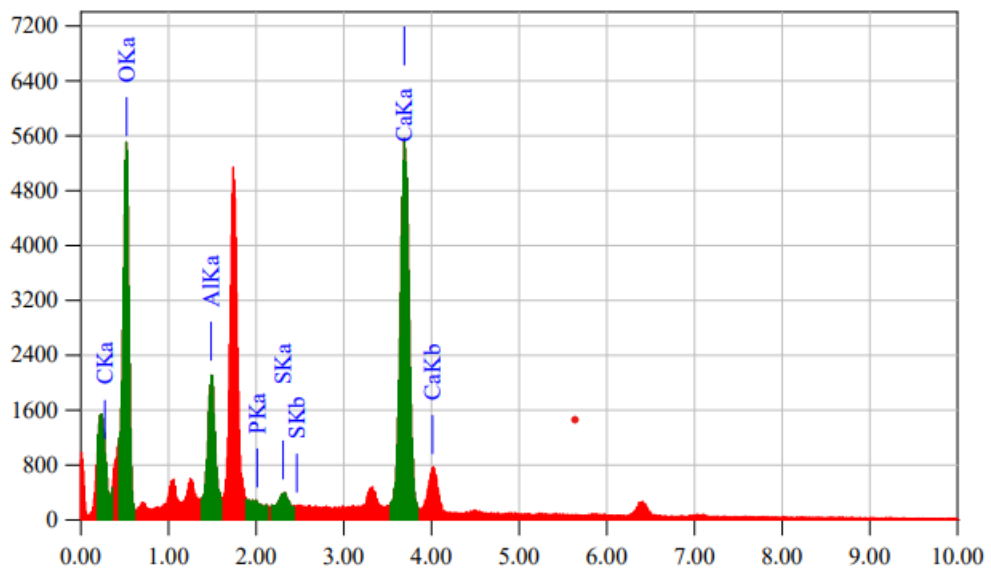


Gambar 4. 6 hasil pengujian SEM beton normal (0% limbah) dengan pembesaran 5000x  
Sumber: hasil penelitian





Gambar 4. 7 hasil pengujian SEM beton normal (0% limbah) dengan pembesaran 10000x  
 Sumber: hasil penelitian



Gambar 4. 8 diagram pengujian EDS beton normal (0% limbah)  
 Sumber : hasil penelitian

Pada diagram diatas dapat menjelaskan bahwasanya kandungan yang paling tinggi adalah O K dengan persentase 40,48 %

Tabel 4. 7 Hasil pengujian EDS sampel normal (0% limbah)

No	Element	Ek Elektron-foto (Kev)	Massa %	Atom %
1	C K	0,277	1,20	2,80
2	O K	0,525	23,02	40,48
3	Al K	1,486	9,38	9,78
4	P K	2,013	0,37	0,33
5	S K	2,307	1,44	1,26
6	Ca K	3,690	64,60	45,35
7	TOTAL	10,298	100	100

Ket = K :Nomor kulit sub atom (memiliki bilangan kuantum  $n = 1$ )

Dari table IV.7 diatas dapat dilihat hasil dari reaksi yang ada dalam beton normal (0%) yakni, karbon dengan persentase 1.20% , oksigen dengan persentase 23.02%, aluminium dengan persentase 9.38%, posfor dengan persentase 0.37%, sulfur dengan kandungan 1,44% dan Kalsium dengan kandungan tertinggi yaitu 64,60%.

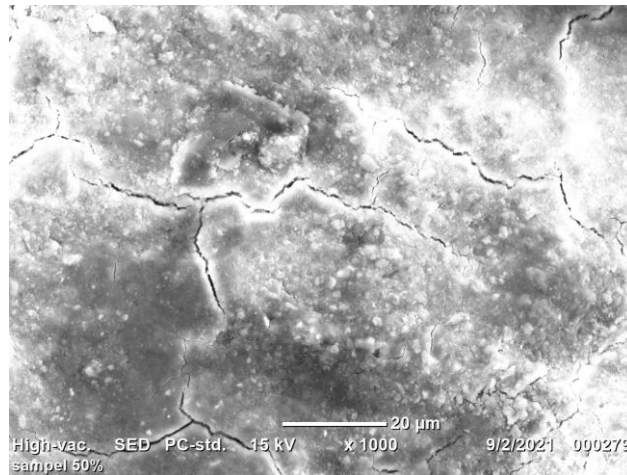
#### IV.6 Pengujian SEM dan EDS



Gambar 4. 9 Gambar Pengujian SEM

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur dan senyawa kimiawi yang terkandung dalam beton limbah dengan masing- masing persentase limbah didalamnya ialah 0%, 50% dan 100% melalui pembesaran 1000 kali, 3400 kali, 5000 kali dan 10000 kali.

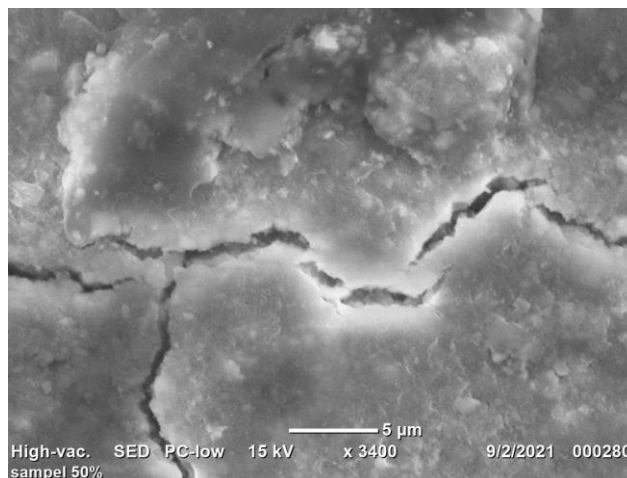
#### IV.6.2 Beton Limbah (50% Limbah)



Gambar 4. 10 hasil pengujian SEM beton limbah (50% limbah) dengan pembesaran 1000x

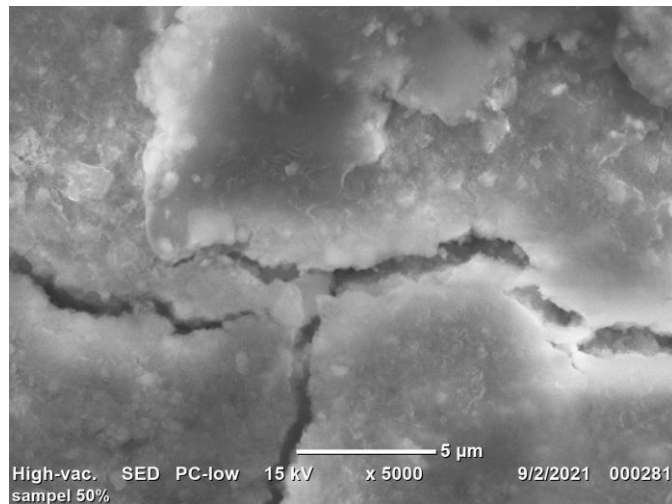
Sumber: hasil penelitian

Terlihat pada gambar diatas terdapat retakan dan kerikil kecil yang tersebar di setiap permukaan.

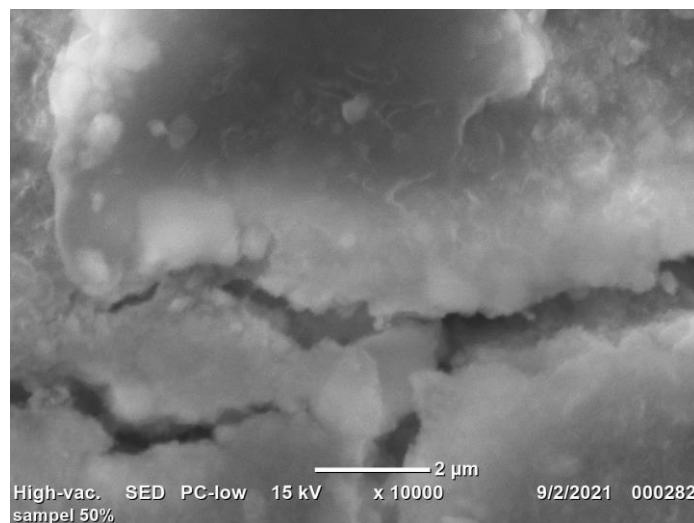


Gambar 4. 11 hasil pengujian SEM beton limbah (50% limbah) dengan pembesaran 3400x

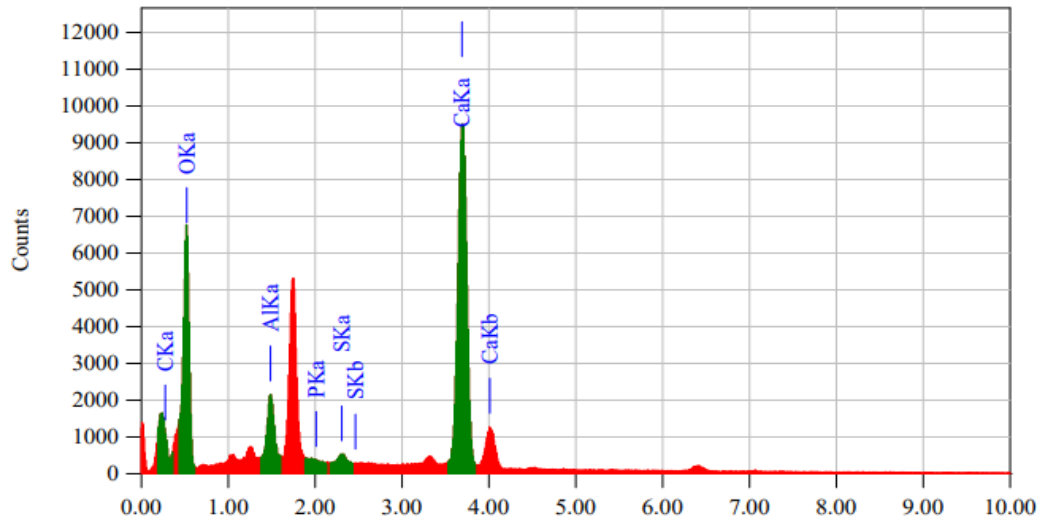
Sumber: hasil penelitian



Gambar 4. 12 hasil pengujian SEM beton limbah (50% limbah) dengan pembesaran 5000x  
Sumber: hasil penelitian



Gambar 4. 13 hasil pengujian SEM beton limbah (50% limbah) dengan pembesaran 10000x  
Sumber: hasil penelitian



Gambar 4. 14 diagram pengujian EDS (50% Limbah)  
 Sumber : hasil penelitian

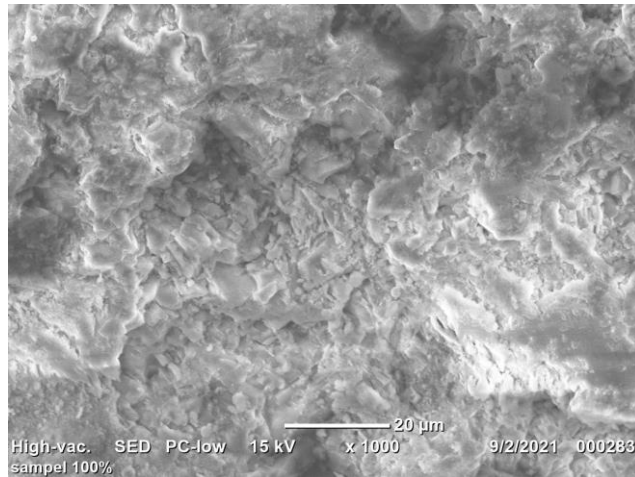
Tabel 4. 8 hasil pengujian EDS sampel normal (0% limbah)

No	Element	Ek Elektron-foto (Kev)	Massa %	Atom %
1	C K	0,277	0,74	1,87
2	O K	0,525	18,19	34,45
3	Al K	1,486	5,71	6,42
4	P K	2,013	0,29	0,28
5	S K	2,307	1,13	1,07
6	Ca K	3,690	73,94	55,91
7	TOTAL	10,298	100	100

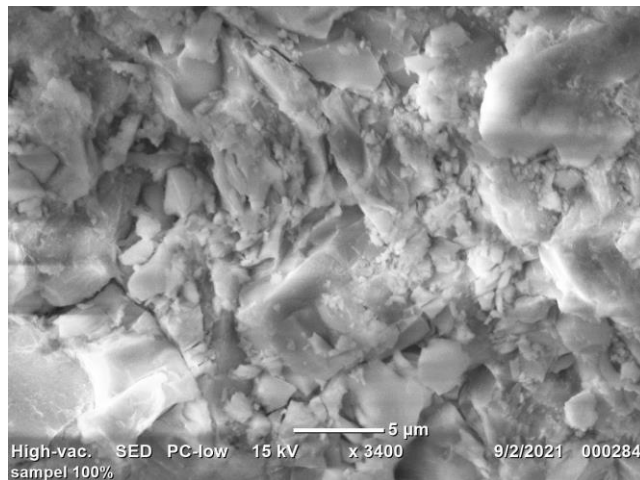
Sumber : hasil penelitian

Dari table IV.8 diatas dapat dilihat persentase massa pembentuk beton limbah (50%) dengan persentase setiap unsur kimia yakni, Karbon ( C) dengan persentase 0.74%, Oksigen (O) dengan persentase 18.19%, Aluminium (Al) dengan kandungan 5.71%, Posfor (P) dengan kandungan 0.29%, Sulfur (S) dengan kandungan 1.13% dan Kalsium (Ca) dengan kandungan 73.94% (kandungan kalsium pada beton limbah dengan kandungan 50% limbah lebih tinggi dari beton normal).

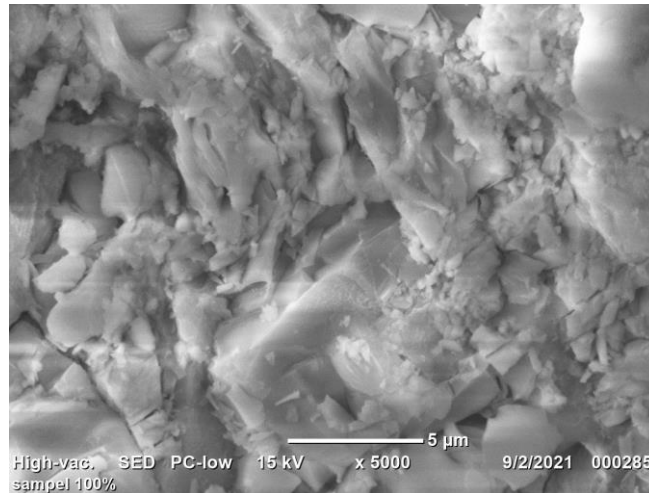
#### IV.6.2 Beton Limbah (100% Limbah)



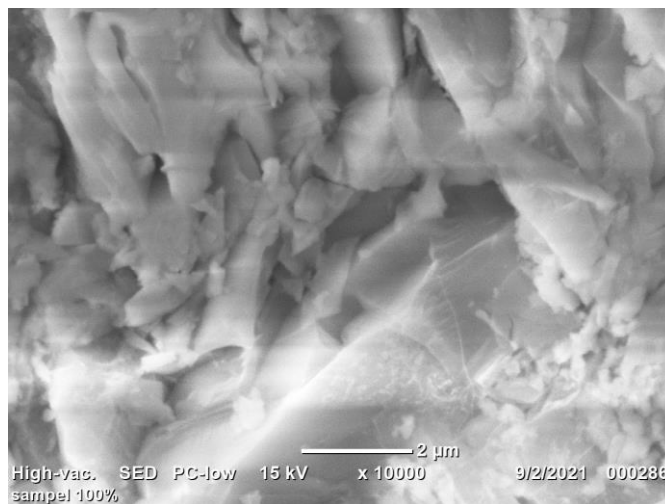
Gambar 4. 15 hasil pengujian SEM beton limbah (100% limbah) dengan pembesaran 1000x  
Sumber: hasil penelitian



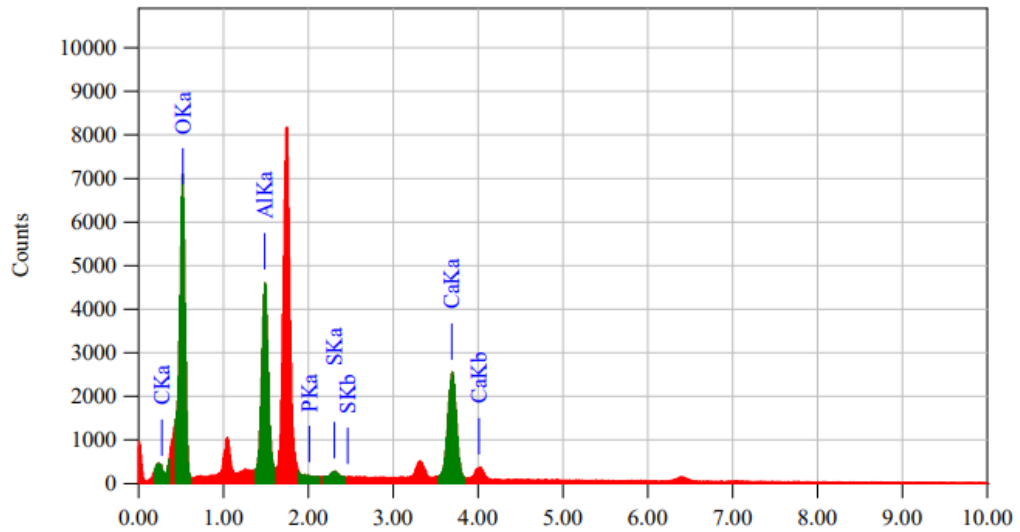
Gambar 4. 16 hasil pengujian SEM beton limbah (100% limbah) dengan pembesaran 3400x  
Sumber: hasil penelitian



Gambar 4. 17 hasil pengujian SEM beton limbah (100% limbah) dengan pembesaran 5000x  
Sumber: hasil penelitian



Gambar 4. 18 hasil pengujian SEM beton limbah (100% limbah) dengan pembesaran 10000x  
Sumber: hasil penelitian



Gambar 4. 19 diagram pengujian EDS (100% Limbah)  
 Sumber : hasil penelitian

Tabel 4. 9 hasil pengujian EDS sampel beton limbah (100% limbah)

No	Element	Ek Elektron-foto (Kev)	Massa %	Atom %
1	C K	0,277	ND	ND
2	O K	0,525	36,00	53,76
3	Al K	1,486	27,16	24,05
4	P K	2,013	0,26	0,20
5	S K	2,307	1,20	0,89
6	Ca K	3,690	35,39	21,10
7	TOTAL	10,298	100	100

Sumber : hasil penelitian

Dari table IV.9 diatas dapat dilihat kandungan unsur kimia yang terkandung dalam beton limbah (100% limbah) yaitu tidak terdapat element Kalsium (C) , tetapi kandungan oksigen (O) lebih tinggi dari sebelumnya yaitu sebanyak 36.0% , Aluminium (Al) sebanyak 27.16% , Posfor (P) dengan kandungan 0.26%, Sulfur (S) dengan kandungan 1.20% dan Kalsium (Ca) dengan kandungan 35.39%



## **BAB V PENUTUP**

### **V.1 Kesimpulan**

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 :

1. 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
2. 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 alamAdapun pengujian senyawa EDS (*Energy Dispersion Spectroscopy*) terlihat bahwa beton limbah dengan campuran 50% dan 100% memiliki kandungan yang persis ssama dengan beton normal pada umumnya ( C, O, Al, P, S, Ca).

**V.1 Saran.**

- a. Membuat penelitian selanjutnya dari limbah beton dengan perendaman yang lebih lama dari sebelumnya
- b. Perlu menjadi perhatian khusus mengenai adanya sistem manajemen yang baik dalam lingkungan laboratorium bahan dan beton Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar sehingga setiap pengerjaan penelitian yang boleh dilaksanakan dapat berjalan sesuai standar dan prosedur yang berlaku.

## 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
- Badan Standardisasi Nasional. 2000: Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2843- 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* : Dewan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi 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 Kekuatan Beton.*  
[https://www.researchgate.net/publication/331893963\\_Pengaruh\\_Perawatan\\_Beton\\_Yang\\_Berbeda-beda\\_Terdapat\\_Kekuatan\\_Beton](https://www.researchgate.net/publication/331893963_Pengaruh_Perawatan_Beton_Yang_Berbeda-beda_Terdapat_Kekuatan_Beton). 2018
- Joni, P.G, *Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Beton.* penelitian Fakultas Teknik Universitas Udayana. 2017.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton.* CV Andi Publishing, Jogjakarta.
- 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.
- Soelarso, dkk 2016. *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas.* Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa . 2016. Vol.5, No.2,.

Tjokrodimuljo. (2004): *Teknologi Beton*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Vernanda Dedi, dkk 2019. *Studi Eksperimental Perkuatan Balok Beton Bertulang Dengan Wiremesh dan GFRP*. 2019. Vol.7, No.1.,

Widhiarto Herry dan Bambang Sujatmiko 2012. *Analisis Campuran Beton Berpori Dengan Agregat Bergradasi Terpisah Ditinjau Terhadap Mutu Dan Biaya*. Penelitian Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Vol. 05, No. 02.

Word Press.com.. *Sifat dan Karakteristik Beton*. <https://almidahsastakl17.wordpress.com/2018/10/29/sifat-dan-karakteristik-beton/>. 2018

# LAMPIRAN

LAMPIRAN A PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT HALUS



LABORATORIUM STRUKTUR DAN  
BAHAN PROGRAM STUDI TEKNIK  
SIPIIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 1

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Lumpur Agregat  
Halus (Pasir)**

Hasil Percobaan I

A = Volume Lumpur (VL) = 10 MI

B = Volume Total ( Lumpur + Pasir ) = 380 MI

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{VL}}{\text{VT}} \times 100\% = 2.63 \%$$

Jadi nilai untuk kadar lumpur pasir adalah = 2.63 % telah memenuhi syarat dalam campuran beton maksimal 0,2 % - 5 %

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 2

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir)**

Berat contoh kering = 1.000 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAAN	PERSEN TERTAHAAN	Σ PERSEN TERTAHAAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
No. 4	0	0,00	0,00	100,00
No.8	15	1,50	1,50	98,50
No. 16	55	5,50	7,00	93,00
No. 30	220	22,00	29,00	71,00
No. 50	430	43,00	72,00	28,00
No. 100	170	17,00	89,00	11,00
No. 200	100	10,00	99,00	1,00
pan	10	1	100,00	0
Jumlah	1000	100,00	297,50	

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir (F)} = \frac{297,50}{100} = 2,98$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat halus adalah 2,98 dimana memenuhi syarat pencampuran beton yaitu 2,3 – 3,1.

Makassar Juni 2020

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulva Suciawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 3

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Air Agregat Halus (Pasir)**

Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	Gram	102
B	Berat Talam + Benda Uji	Gram	2085
C	Berat benda Uji (B - A )	Gram	1983
D	Berat Benda Uji Kering	Gram	1897

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{1983 - 1879}{1879} \times 100\% \\ &= 4,5334 \quad \%\end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian kadar air agregat halus adalah 4,53 % dimana memenuhi syarat campuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 4

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Berat Volume Agregat Halus (Pasir)**


Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	3554	3554
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	4904	4832
D	Berat Benda Uji (C - B )	gram	1350	1278
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,473	1,395

Jadi hasil pengujian berat volume agregat halus adalah : kondisi padat = 1,473 dan gembur = 1,395 dimana memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 5

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Halus (Pasir)**

Hasil Percobaan I

A =	Berat Picnometer	=	124	gram
B =	Berat Contoh Kondisi SSD di Udara	=	250	gram
C =	Berat Picno + air + Contoh SSD	=	552	gram
D =	Berat Talam	=	91	gram
E =	Berat Picno + air	=	393	gram
F =	Berat Setelah dioven + Talam	=	334	gram
G =	Berat Benda Uji Kering Oven ( F-D )	=	243	gram

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Apparent SG} &= \frac{G}{G + \frac{G}{E} - C} \\ &= \frac{243}{243 + \frac{243}{393} - 552} \\ &= \frac{243}{84} \\ &= 2,89 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ On Dry Basic} &= \frac{G}{B + \frac{G}{E} - C} \\ &= \frac{243}{250 + \frac{243}{393} - 552} \\ &= \frac{243}{91} \\ &= 2,68 \text{ gram} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \bullet \text{ SSD Basic} &= \frac{B}{B + E - C} \\ &= \frac{250}{250 + 393 - 552} \\ &= \frac{250}{91} \\ &= 2,75 \text{ gram} \end{aligned}$$
  
- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Absorption} &= \frac{B - G}{G} \times 100\% \\ &= \frac{250 - 243}{243} \times 100\% \\ &= \frac{7}{243} \times 100\% \\ &= 2.88 \% \end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian berat jenis agregat halus semua memenuhi syarat pencampuran beton, kecuali absorsi yang mendapatkan nilai 2,04 % sedangkan intervalnya 0,2 % – 2 %.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
 Asri Mulva Setiawan, ST., MT.  
 KOORDINATOR LABORATORIUM  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 6

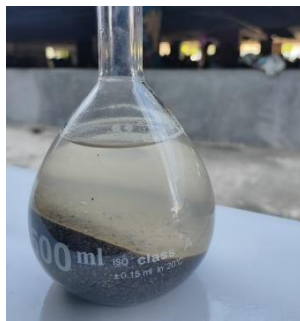
Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Organik Agregat Halus (Pasir)**

Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan warna no. 2 sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada pasir tersebut tergolong sedang dan dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.



Gambar hasil pengujian



Gambar standar warna

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

## LAMPIRAN B PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 7

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

### Berat Volume Agregat Kasar (Kerikil)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	3554	3554
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	4881	4695
D	Berat Benda Uji (C - B )	gram	1327	1141
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,449	1,246

Jadi hasil pengujian berat volume agregat kasar pada kondisi padat = 1, 449 dan gembur = 1,246 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juli 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 8

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Analisa Saringan Agregat Kasar (Kerikil)**

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAHAN	PERSEN TERTAHAHAN	Σ PERSEN TERTAHAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	0	0,00	0,00	100,00
3/4'	124	8,27	8,27	91,73
3/8'	1088	72,53	80,80	19,20
4	280	18,67	99,47	0,53
8	8	0,53	100,00	0,00
16	0	0,00	100,00	0,00
30	0	0,00	100,00	0,00
50	0	0,00	100,00	0,00
100	0	0,00	100,00	0,00
pan	0	0,00	0,00	0,00
Jumlah	1500	100,00	688,533	211,47

$$\text{Modulus Kehalusan Kerikil (F)} = \frac{688,533}{100} = 6,9$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat kasar adalah 6,9 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 9

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Air Agregat Kasar (Kerikil)**


Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	gram	102
B	Berat Talam + Benda Uji	gram	2748
C	Berat benda Uji (B - A)	gram	2646
D	Berat Benda Uji Kering	gram	2600

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{2646 - 2600}{2600} \times 100\% \\ &= 1,769 \%\end{aligned}$$

Jadi pengujian kadar air agregat kasar adalah 1,769 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulva Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



## LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN

### PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 10

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

#### Kadar Lumpur Agregat Kasar (Kerikil)

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B - D}{B} \times 100\%$$

Percobaan I

A = Berat Talam	=	2500	-	2489	=	101	Gram
B = Berat Kering Sebelum Dicuci	=	2500			=	2500	Gram
C = Berat Kering Setelah Dicuti + Talam	=	2543			=	2543	Gram
D = Berat Kering Setelah Dicuti	=	2489			=	2489	Gram
	=	0,44			=	0,44	%

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur kerikil adalah = 0,44 % memenuhi syarat dalam campuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No. Lampiran 11  
 Dikerjakan oleh: Zefanya Indarto  
 Diperiksa oleh: Koordinator Laboratorium  
 Pengujian: Berat Keranjang + Benda Uji SSD Udara : 3440 gram  
 Berat Keranjang + Benda Uji dalam Air : 2498 gram  
 D = Berat Keranjang Dalam Air = 474 gram  
 Penelitian : Tugas Akhir  
 E = Berat Benda Uji Kering Oven = 2498 gram

**Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Kasar (Kerikil)**

- Apparent SG
 
$$= \frac{E}{E - C - D}$$

$$= \frac{2498}{2498 - 1500 - 474}$$

$$= \frac{2498}{474}$$

$$= 2,91 \text{ gram}$$
- On Dry Basic
 
$$= \frac{E}{B - A - C - D}$$

$$= \frac{2498}{3440 - 540 - 1500 - 474}$$

$$= \frac{2498}{1874}$$

$$= 1,33 \text{ Gram}$$
- SSD Basic
 
$$= \frac{B - A - C - D}{B - A}$$

$$= \frac{3440 - 540}{3440}$$

$$= \frac{3440 - 540 - 1500}{1874} = 1,55 \text{ Gram}$$

- Absorption =  $\frac{(B - A) - E}{E} \times 100\%$   
 =  $\frac{3440 - 540 - 2498}{2498} \times 100\%$   
 =  $\frac{402}{2498} \times 100\%$   
 = 1,6 Gram

Jadi hasil pengujian berat jenis agregat kasar semua memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
 Asri Mulva Setiawan, ST., MT.  
 KOORDINATOR LABORATORIUM  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 12

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021  
Penelitian : Tugas Akhir

**Keausan Agregat Kasar (Kerikil)**

Keterangan : -Agregat kasar yang lolos saringan nomor 3/4 tertahan pada saringan no. 1/2 & 3/4 (masing-masing 3.000 gram)

-Saringan 1/2 = 2500

-Saringan 3/8 = 2500

- Berat sebelum di abrasi (A)

- Berat setelah diabrasi = 3010 (B)

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{abrasi} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000-2438}{5000} \times 100\% \\ &= 51,24\% \end{aligned}$$

Jadi nilai rata dari keausan agregat kasar adalah = 51,24 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

## LAMPIRAN C PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 13

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

### Berat Volume Agregat Kasar (Limbah Beton)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	1,28	1,28
B	Berat Bohler Kosong	gram	4595	4595
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	6755	6650
D	Berat Benda Uji (C - B )	gram	2160	2055
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,69	1,61

Jadi hasil pengujian berat volume limbah beton pada kondisi padat = 1,69 dan gembur = 1,61 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 14

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Analisa Saringan Agregat Kasar (Limbah Beton)**

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAAN	PERSEN TERTAHAAN	Σ PERSEN TERTAHAAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	0	0,00	0,000	100,00
3/4'	610	12,16	12,164	87,84
1/2'	510	10,17	22,333	77,67
3/8'	900	17,95	40,279	59,72
4	600	11,96	52,243	47,76
8	565	11,27	63,509	36,49
16	420	8,37	71,884	28,12
30	370	7,38	79,262	20,74
50	345	6,88	86,142	13,86
100	335	6,68	92,822	7,18
pan	360	7,18	100,000	0,00
Jumlah	5015	100	620,638	

$$\text{Modulus Kehalusan Kerikil (F)} = \frac{620,638}{100} = 6,21$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan limbah beton adalah 6,21 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 15

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Air Agregat Kasar (Limbah Beton)**

Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	gram	90
B	Berat Talam + Benda Uji	gram	1590
C	Berat benda Uji (B - A )	gram	1500
D	Berat Benda Uji Kering	gram	1480

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{1500 - 1480}{1480} \times 100\% \\ &= 1,35 \%\end{aligned}$$

Jadi pengujian kadar air limbah beton adalah 1,35 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar    Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 16

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Lumpur Agregat Kasar (Limbah Beton)**

Percobaan I

A = Berat Talam	=	90	Gram
B = Berat Kering Sebelum Dicuci	=	1500	Gram
C = Berat Kering Setelah Dicuci + Talam	=	1575	Gram
D = Berat Kering Setelah Dicuci	=	1485	Gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur} &= \frac{B - D}{B} \times 100\% \\ &= \frac{1500 - 1485}{1500} \times 100\% \\ &= \frac{15}{1500} \times 100\% \\ &= 1 \quad \%\end{aligned}$$

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur limbah beton adalah = 1 % memenuhi syarat dalam campuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 17

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah      Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Kasar (Limbah Beton)**

A =	Berat Kosong Keranjang	=	540	gram
B =	Berat Keranjang + Benda Uji SSD Udara	=	3590	gram
C =	Berat Keranjang + Benda Uji didalam air	=	2310	gram
D =	Berat Keranjang Dalam Air	=	490	gram
E =	Berat Benda Uji Kering Oven	=	2990	gram

• Apparent 
$$\frac{E}{\quad \quad \quad}$$

SG 
$$\frac{E - C - D}{2990}$$

$$= \frac{2990 - 2310 - 490}{2990}$$

$$= \frac{1170}{2990}$$

= 2,91 gram

• On Dry Basic 
$$\frac{E}{B - A - C - D}$$

$$= \frac{2990}{3590 - 540 - 2310 - 540}$$

$$= \frac{2990}{1230}$$

= 2,43 Gram

• SSD Basic 
$$\frac{B - A}{B - A - C - D}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{3590}{3590} - \frac{540}{2310} - \frac{490}{2310} \\
 &= \frac{2990}{2990} \\
 &= 2,48 \text{ Gram}
 \end{aligned}$$

- Absorption =  $\frac{(B - A) - E}{E} \times 100\%$   
 =  $\frac{3590 - 540 - 2990}{2990} \times 100\%$   
 =  $\frac{60}{2990} \times 100\%$   
 = 2,01 Gram

Jadi hasil pengujian berat jenis limbah beton semua memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Asri Mulya Setiawan, ST., MT.





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 18

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021  
Penelitian : Tugas Akhir

**Keausan Agregat Kasar (Limbah Beton)**

Keterangan : -Agregat kasar yang lolos saringan nomor 3/4 tertahan pada saringan no. 1/2 & 3/8 (masing-masing 3.000 gram)

-Saringan 1/2 = 2500

-Saringan 3/8 = 2500

- Berat sebelum di abrasi (A) = 5000

- Berat setelah diabrasi (B) = 3030 – 90 (berat talam) = 2940

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{abrasi} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000-2940}{5000} \times 100\% \\ &= 41,20\% \end{aligned}$$

Perhitungan keausan limbah beton adalah = 41,20 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Asri Mulya Setiawan, ST., MT.  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

No Lampiran : 19

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

**LAMPIRAN E SPESIFIKASI SNI KARAKTERISRIK**

**A. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus Menurut SNI**

No	Karakteristik	Spesifikasi SNI	Metode
1	Kadar Lumpur	Maks 5%	SNI 03-4141-1996
2	Kadar Organik	< No.3	SNI 03-2816-1992
3	Kadar Air	2% - 5%	SNI 03-1971-1990
4	Berat Volume		SNI 03-4804-1998
	a. Kondisi Lepas	1,4 – 1,9 kg/liter	
	b. Kondisi Padat	1,4 – 1,9 kg/liter	
5	Absorpsi	Maks 2%	SNI 03-1970-1990
6	Barat Jenis SSD	1,6 – 3,3	SNI 03-1970-1990
7	Modulud Halus	2,50 – 3,80	SNI 03-1968-1990

Sumber : Standar Nasional Indonesia

**B. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Kasar Menurut SNI**

No	Karakteristik	Spesifikasi SNI	Metode
	1	2	3
1	Kadar Lumpur	0.2% - 1%	SNI 03-4141-1996
2	Kehausan	15% - 50%	SNI 03-2417-1991
3	Kadar Air	0,5% - 2%	SNI 03-1971-1990

4	Berat Volume		SNI 03-4804-1998
	a. Kondisi Lepas	1,6 – 1,9 kg/liter	
	b. Kondisi Padat	1,6 – 1,9 kg/liter	
5	Absorpsi	2% - 4%	SNI 03-1969-1996
6	Barat Jenis SSD	1,6 – 3,2	SNI 03-1969-1990
7	Modulus Kehausan	5,5 – 8,5	SNI 03-1968-1990

Sumber : Standar Nasional Indonesia

## LAMPIRAN E PENGUJIAN KARAKTERISTIK

No Lampiran            20

Nama Pengujian        : Penghancuran Limbah Beton



No Lampiran            21

Nama Pengujian        : Pengujian Kadar Lumpur dan Analisa Saringan

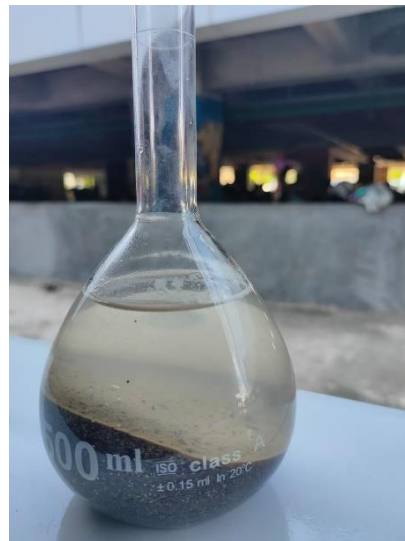


No Lampiran

22

Nama Pengujian

: Kadar Air, Berat Volume dan Kadar Organik



No Lampiran 23

Nama Pengujian : Absorpsi dan Keausan



No Lampiran 24

Nama Pengujian : Pengecoran Benda Uji



No Lampiran 25

Nama Pengujian : Perendaman Benda Uji (*Curing*)



No Lampiran 26

Nama Pengujian : Pengujian Benda Uji

