

**ANALISIS PEMANFAATAN SERAT RAMBUT  
SEBAGAI MATERIAL BETON KONSTRUKSI YANG  
RAMAH LINGKUNGAN**

**TESIS**

**M. IQBAL**

**2030331015**



**PROGRAM STUDI MAGISTER  
REKAYASA INFRASTRUKTUR DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS PASCASARJANA  
UNIVERSITAS FAJAR  
MAKASSAR  
2024**

**ANALISIS PEMANFAATAN SERAT RAMBUT  
SEBAGAI MATERIAL BETON KONSTRUKSI YANG  
RAMAH LINGKUNGAN**

**TESIS**

**Sebagai persyaratan wajib untuk memperoleh gelas Megister pada  
Program Studi Megister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan,  
Universitas Fajar**

**Disusun dan diajukan oleh**

**M. IQBAL**

**2030331015**

**PROGRAM STUDI MAGISTER  
REKAYASA INFRASTRUKTUR DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS PASCASARJANA  
UNIVERSITAS FAJAR  
MAKASSAR  
2024**

# TESIS

## ANALISIS PEMANFAATAN SERAT RAMBUT SEBAGAI MATERIAL BETON KONSTRUKSI YANG RAMAH LINGKUNGAN

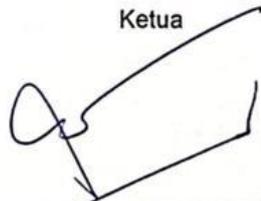
Disusun dan diajukan oleh

**M. IQBAL**  
**2030331015**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis Pada Tanggal 4 Oktober 2024  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Ketua



**Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT**

Anggota



**Dr. Sri Gusty, ST., MT**

**Program Studi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan**

**Ketua Program Studi**



**Dr. Sri Gusty, ST., MT**

**Dekan Fakultas Pascasarjana**



**Dr. Ir. Mujahid, SE., MM**

# TESIS

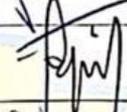
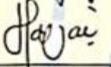
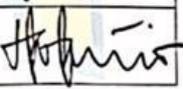
## ANALISIS PEMANFAATAN SERAT RAMBUT SEBAGAI MATERIAL BETON KONSTRUKSI YANG RAMAH LINGKUNGAN

Disusun dan diajukan oleh

**M. Iqbal**  
**2030331015**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
Pada tanggal **4 Oktober 2024** dan  
Dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

**Menyetujui**  
**Dewan Penguji,**

No.	Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1	Prof. Dr. Ir. Emiati, ST., MT	Ketua	
2	Dr. Sri Gusty, ST., MT	Sekretaris	
3	Dr. Eng. Ir. Poppy Indrayani, ST., M.Eng	Anggota	
4	Dr. Ir. Muh. Chaerul, ST., S.KM., M.Sc	Anggota	
5	Dr. Ismail Marzuki, S.Si., M.Si	Anggota	

**PLT.** Ketua Program Studi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan  
Fakultas Pascasarjana  
Universitas Fajar



**Dr. Sri Gusty, ST., MT**

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : M. Iqbal  
Nomor Induk Mahasiswa : 2030331015  
Program Studi : Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis yang berjudul **"ANALISIS PEMANFAATAN SERAT RAMBUT SEBAGAI MATERIAL BETON KONSTRUKSI YANG RAMAH LINGKUNGAN"** benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan, atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis/disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 4 Oktober 2024  
Yang menyatakan,



M. Iqbal

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis penelitian ini. Dimana Tesis ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Magister di Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan Fakultas Pascasarjana Universitas Fajar Makassar.

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

1. Kedua Orang yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentiya kepada penulis. Keluarga besar penulis yang senantiasa menyemangati agar penulis selalu diberi kekuatan dan kesabaran.
2. Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT, selaku pembimbing I pada penelitian ini.
3. Dr. Sri Gusty, ST., MT, selaku pembimbing II dalam penelitian ini.
4. Dr. Sri Gusty, ST., MT, selaku PLT Ketua Program Studi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan Fakultas Pascasarjana Universitas Fajar Makassar.
5. Dr. Ir. Mujahid, SE., MM, selaku Dekan Fakultas Pascasarjana Universitas Fajar Makassar.
6. Dr. Sri Gusty, ST., MT, selaku pembimbing akademik penulis selama menempuh perkuliahan di Program Studi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan Fakultas Pascasarjana Universitas Fajar Makassar.

7. Saudara saudaraku di Program Studi Teknik Sipil angkatan 2016, serta kakanda dan adinda yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian Tesis ini.
8. Teman – teman Program Studi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan Fakultas Pascasarjana Universitas Fajar Makassar.
9. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati membantu kami dalam penyelesaian laporan ini.

Tak lupa pula kami haturkan maaf kepada seluruh pihak yang berhubungan dengan pengerjaan Tesis penelitian ini jika terdapat kekeliruan dan kesalahan yang penulis perbuat, baik tutur kata maupun tingkah laku yang tidak berkenan selama dalam masa pengerjaan Tesis penelitian ini. Kami berharap semoga Tesis penelitian ini dapat bermanfaat, walaupun kami sadari bahwa penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Kami mengharapkan koreksi dan saran atas kekurangan dari penulis guna untuk menyempurnakan.

Akhir kata semoga semua bantuan dan amal baik tersebut mendapatkan limpahan berkah dan anugerah dari Allah SWT. Amin.

Makassar, 4 Oktober 2024

Penulis,

M. IQBAL

## ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton, kuat tarik belah dan kuat lentur beton normal dengan beton serat rambut manusia dan untuk mengetahui perbandingan nilai persentasi kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur beton normal dengan beton serat limbah rambut manusia. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental di laboratorium. Variabel penelitian disini adalah penambahan limbah rambut manusia. Adapun penambahan limbah rambut manusia yang digunakan yaitu semua jenis rambut manusia dengan panjang yang tidak menentu sesuai potongan rambut manusia biasanya. dengan komposisi campuran 0%, 0,25%, 0,5%, 1% dan 1,5% dari berat semen. pada penelitian ini Dilihat dari hasil pengujian karakteristik beton tersebut dimana hasil perbandingan karakteristik beton dapat disimpulkan bahwa variasi penambahan serat rambut manusia pada penelitian ini yang memiliki nilai terbaik yaitu pada variasi 1% yang memiliki nilai kuat tekan 22,86 MPa, lalu pada pengujian kuat tarik belah memiliki nilai 2,69 MPa lalu pada pengujian kuat lentur dengan nilai 4,13 MPa, dan pada variasi 1,5% % yang memiliki nilai kuat tekan 21,88 MPa, lalu pada pengujian kuat tarik belah memiliki nilai 3,18 MPa lalu pada pengujian kuat lentur dengan nilai 4,34 MPa.

**Kata kunci :** *Beton, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Kuat Lentur, Serat Rambut*

## ABSTRACT

The aim of this research is to determine the values of compressive strength of concrete, split tensile strength and flexural strength of normal concrete with human hair fiber concrete and to determine the comparison of the percentage values of compressive strength, split tensile strength, flexural strength of normal concrete with human hair fiber waste concrete. The research method used was experimental in the laboratory. The research variable here is the addition of human hair waste. The additional human hair waste used is all types of human hair with uncertain lengths according to normal human haircuts. with a mixture composition of 0%, 0.25%, 0.5%, 1% and 1.5% by weight of cement. in this study. Judging from the results of testing the characteristics of the concrete, where the results of the comparison of concrete characteristics, it can be concluded that the variation in adding human hair fiber in this study has the best value, namely the 1% variation which has a compressive strength value of 22.86 MPa, then in the tensile strength test split has a value of 2.69 MPa then in the flexural strength test it has a value of 4.13 MPa, and in the 1.5% variation it has a compressive strength value of 21.88 MPa, then in the split tensile strength test it has a value of 3.18 MPa then in the flexural strength test with a value of 4.34 MPa.

**Keywords:** *Concrete, Compressive Strength, Split Tensile Strength, Flexural Strength, Hair Fiber*

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian .....	4
I.4 Batasan Masalah .....	5
I.5 Penelitian Terdahulu .....	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	12
II.1 Beton.....	12
II.2 Beton Serat .....	12
II.3 Material Penyusun Beton.....	13
II.3.1 Semen .....	13
II.3.2 Agregat Kasar .....	15
II.3.3 Agregat Halus .....	16
II.3.4 Air.....	17
II.4 Rambut Manusia.....	18
II.5 Perilaku Mekanik Beton .....	18
II.5.1 Kuat Tekan .....	18
II.5.2 Kuat Tarik Belah .....	19
II.5.3 Kuat Lentur.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
III. 1 Waktu Dan Tempat Penelitian .....	24
III.2 Metode Penelitian .....	24
III.3 Alat Dan Bahan Uji Penelitian.....	24
III.4 Pembuatan Benda Uji.....	27
III.5 Pengujian Slump Test.....	28
III.6 Percetakan Benda Uji.....	28
III.7 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	29
III.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton .....	30
III.9 Pengujian Kuat Lentur .....	31
III.10 Pengumpulan Data dan Analisa Data.....	32
III.11 Diagram Alur Penelitian .....	33

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	34
IV.1	Karakteristik Material Beton.....	34
IV.1.1	Agregat Halus .....	35
IV.1.2	Agregat Kasar .....	35
IV.2	Rancangan Campuran Beton.....	36
IV.3	Pengujian Slump Test .....	37
IV.4	Pengujian Kuat Tekan Beton .....	38
IV.5	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton .....	40
IV.6	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	43
IV.7	Perbandingan Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur .....	45
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	47
V.1	Kesimpulan.....	47
V.2	Saran.....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Batasan Gradasi Untuk Agregat Kasar .....	15
Tabel II. 2 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus .....	16
Tabel III. 1 Pemeriksaan Agregat Halus .....	26
Tabel III. 2 Pemeriksaan Agregat Kasar.....	26
Tabel III. 3 Jumlah Benda Uji Untuk Analisa Umur 28 Hari.....	27
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Agregat Halus .....	35
Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	36
Tabel IV. 3 Rancangan Campuran Beton ( kg/m <sup>3</sup> ).....	36
Tabel IV. 4 Hasil Pemeriksaan Slump Test Beton Normal dan Beton Serat.....	37
Tabel IV. 5 Hasil Pengujian dan Perhitunagan Kuat Tekan .....	39
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tarik Belah.....	41
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Lentur .....	44
Tabel IV. 8 Hasil Perbandingan Uji Mekanik Beton.....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 3 L Pembebanan $1/3$ .....	21
Gambar II. 2 Gambar Lintang (V) .....	21
Gambar II. 3 Diagram Momen Lentur .....	21
Gambar II. 4 Balok Sederhana Dengan 2 Titik Pembebanan .....	21
Gambar III. 1 Pengujian Kuat Tekan .....	29
Gambar III. 2 Pengujian Kuat Tarik Belah .....	30
Gambar III. 3 Pengujian Kuat Lentur .....	31
Gambar III. 4 Alur Penelitian .....	33
Gambar IV. 1 Metode Penelitian .....	34
Gambar IV. 2 Slump Test Beton Serat Rambut Manusia .....	37
Gambar IV. 3 Grafik Nilai Slump Test Terhadap Variasi Serat .....	38
Gambar IV. 4 Pengujian Kuat Tekan Beton Serat Rambut Manusia .....	38
Gambar IV. 5 Grafik Hasil Penelitian Kuat Tekan Beton Serat Rambut Manusia .....	39
Gambar IV. 6 Perbandingan Pola Retak Beton 0% dan Beton 1% .....	40
Gambar IV. 7 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Serat rambut manusia .....	41
Gambar IV. 8 Grafik Hasil Penelitian Kuat Tarik Belah Beton Serat Rambut manusia ..	42
Gambar IV. 9 Perbandingan Pola Retak Beton 0% dan Beton 1,5% .....	43
Gambar IV. 10 Pengujian Kuat Lentur Beton Serat Rambut Manusia .....	43
Gambar IV. 11 Grafik Hasil Penelitian Kuat Lentur Beton Serat Rambut Manusia .....	44
Gambar IV. 12 Benda Uji Kuat Lentur Masing-Masing Variasi .....	45
Gambar IV. 13 Hasil Perbandingan Uji Mekanik Beton Serat Rambut Manusia .....	46

## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Nama	Halaman
A	Luas Penampang Benda Uji .....	13
ASTM	<i>American Standard Testing and Material</i> .....	9
BJ	Berat Jenis.....	9
C	Derajat <i>Celcius</i> .....	16
Cm	<i>Centimete</i> .....	4
CaO.SiO <sub>2</sub>	Kalsium Silikat .....	7
CaSO <sub>4</sub> .xH <sub>2</sub> O	Kalsium Sulfat.....	7
D	Diameter Benda Uji Silinder .....	14
F'c	Kuat Tekan .....	13
FRC	Functional Residual Capacityi.....	14
Ft	Kuat Tarik <i>Belah</i> .....	14
Gr	Gram.....	11
Inch	Inci .....	9
L	Panjang Benda Uji Silinder .....	14
Lt	Liter .....	11
mm	<i>Milimeter</i> .....	.5
MPa	Megapascal.....	13
N	<i>Newtons</i> .....	13
NaOH	<i>Natrium Hidroksida</i> .....	9
P	Beban Tekan. ....	6
q	Beban <i>Merata</i> .....	6
SNI	Standar Nasional Indonesia .....	7

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Pengujian Karakteristik Agregat Halus .....	52
LAMPIRAN B Pengujian Karakteristik Agregat Kasar .....	59
LAMPIRAN C Batas Zona Agregat Halus Dan Agregat Kasar .....	66
LAMPIRAN D Mix Design Silinder .....	68
LAMPIRAN E Perhitungan Pengujian .....	70
LAMPIRAN F Dokumentasi Penelitian .....	71

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

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

Di Indonesia mengalami kemajuan tentang infrastruktur dibidang teknik sipil konstruksi yang sangat pesat seperti pembangunan gedung, jembatan, dan jalan . Hal ini juga akan meterial akan pesat dan akan semakin maju. Sementara sudah banyak beton yang dicampur dengan bahan yang lainnya agar beton tersebut lebih kuat dari pada beton normal. Beton adalah bahan bangunan kontruksi kecuali kayu dengan baja yang kadang digunakan pada bangunan konstruksi, beton terbuat dari campuran semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah) air dan bahan tambah , seperti beton serat akan memerlukan bahan tambahan serat agar beton tersebut mengandung serat dan akan lebih tahan pada kuat tarik (Suwarno, A., & Sudarmono. 2015)

Di Indonesia, penggunaan beton sebagai material konstruksi seperti jalan, jembatan, gedung, bandara, dan pelabuhan diperkirakan akan terus meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan beton akan semakin besar di masa depan. Dalam hal ini akan mempengaruhi perkembangan beton, seperti contohnya beton serat dimana beton yang akan diperkuat dengan adanya serat yang dicampur dengan beton normal agar beton tersebut dapat meminimalisir adanya keretakan micro dan sejenisnya atau bisa dikatakan tahan terhadap gaya tarik karena adanya dipengaruhi oleh cuaca, temperatur (Dipohusodo,1996)

Limbah merupakan sisa dari kegiatan makhluk hidup yang tak digunakan lagi Sebagian besar bersumber dari kegiatan manusia seperti industry, rumah tangga, instansi, dan lain-lain. Limbah yang tidak diolah dengan baik menjadi salah satu faktor penyebab pencemaran lingkungan yang dapat berdampak buruk terhadap lingkungan dan makhluk hidup. Akan ada beberapa sektor membawa dampak negatif terhadap jumlah ilmiah yang dihasilkan dan dampak buruk bagi lingkungan jika pengelolaan limbah tidak dilakukan dengan baik.

Menurut data statistik warga di Indonesia tahun 2019 mencapai sekitar 266,91 juta jiwa, terbagi sekitaran 134 juta jiwa pria dan 132,89 juta jiwa wanita. Warga Indonesia semakin meningkat tentu saja menghasilkan rambut yang banyak. Untuk sampai hari ini penanganan rambut manusia dianggap belum dimanfaatkan secara optimal, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Hal ini sering

terjadi di tempat pemangkasan rambut, di mana limbah rambut biasanya hanya dibuang atau dibakar tanpa pengolahan lebih lanjut. Ketika hal yang dianggap sepele lama kelamaan menimbulkan kerusakan lingkungan (Bappenas, 2019).

Kekuatan sehelai rambut manusia berasal dari strukturnya yang berbasis protein. Selain itu, serat keratin juga berperan penting, karena terdiri dari material yang elastis dan dapat meregang hingga 40 persen sebelum akhirnya putus.. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa rambut manusia memiliki kekuatan tarik sekitar 200-260 MPa (Megapascal), yang setara dengan kekuatan baja. Selain itu, 500-1.000 helai rambut manusia mampu menopang berat seseorang. Pengujian dilakukan dengan meregangkan rambut pada berbagai tingkat kelembapan dan suhu. Pada kelembapan yang lebih tinggi, rambut mampu menahan deformasi hingga 70-80 persen sebelum patah, sedangkan rambut kering hanya mampu bertahan hingga 50 persen. Bahkan sehelai rambut yang sangat tipis dan rapuh dapat menopang beban hingga 100 gramHal ini dimungkinkan karena struktur tiga lapis pada rambut manusia, yang mengandung serat keratin, membuatnya kuat dan tahan terhadap tekanan.

Adapun kelebihan rambut yaitu dapat betahan lama karna faktor kimia dan fisika. Faktor fisika rambut tersebut tahan terhadap suhu yang tinggi dilihat ketika rambut waktu dicatok dengan suhu yang tinggi (makarizo,2010). Adapun kandungan rambut bahwa terbagi dari beberapa yaitu protein salah satunya. Kandungan rambut tersebut terbagi dari 70% sampai 80% keratin, 3% sampai 6% senyawa minyak, 1% zat warna melanin dan poemelanin (pigmen warna lebih mudah), 15% kelembapan air dan sisanya karbohidrat dan unsur-unsur mineral. Dari komposisi kimiawi batang rambut tersebut adalah 44,5% karbon, 30% oksigen, 14% nitrogen, 6,5% hidrogen, 5% belerang. Unsur terutama terdapat pada zat tanduk (keratin) (anonym:2008). Pernyataan yang terdapat diatas ingin agar limbah rambut manusia bermanfaat dan menjadi yang daapat memiliki nilai dan tidak hanya dibuang ataupun dibakar.

Menurut ACI (American Concrete Institute), bahan tambah adalah material selain air, agregat, dan semen hidrolis yang dicampurkan ke dalam beton atau mortar sebelum atau selama proses pengadukan. Penambahan bahan ini tidak secara signifikan mengubah komposisi utama bahan lainnya, karena fungsinya lebih sebagai pengganti atau pelengkap dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau

mortar yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat-volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah. Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (American Society for Testing and Materials) atau ACI (American Concrete Institute). Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (chemical admixture) dan bahan tambah yang bersifat mineral (additive). Serat (fiber) merupakan bahan tambah berupa serat kayu, baja, kaca. Penambahan serat ini ditujukan untuk meningkatkan mutu beton yang semakin hari semakin dibutuhkan dan untuk memperbaiki sifat mekanik beton ( kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur).

Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat beton serat adapun berberapa serat yang dapat untuk bahan membuat beton serat yaitu serat alami atau serat buatan, dimana serat alami yang dimaksud seperti dari tumbuh-tumbuhan, misalnya serabut kelapa, ijuk, dan serat buatan yang dimaksud adalah pada umumnya dibuat dari senyawa polimer yang dapat bertahan pada cuaca dan iklim misalnya polypropilene, polyetilene, pada penelitian ini mencoba untuk ditambahkan dengan limbah rambut manusia kedalam beton normal penelitian ini produk beton serat rambut manusia akan mempunyai nilai agar limbah rambut manusia tidak hanya dibuang atau pun dibakar dan dapat lebih berguna dalam penggunaan beton tersebut.

Pada penelitian sebelumnya (M. Iqbal 2020) melakukan penelitian serupa, hasilnya adalah nilai kuat tarik belah beton yang menggunakan serat rambut manusia berturut-turut yaitu pada beton variasi 0%, 5%, 10% dan 15% yaitu 2,87 MPa, 3,72 MPa, 2,65 MPa dan 1,91 MPa, nilai tertinggi kuat tarik belah pada 5% penambahan serat. Akan tetapi nilai pengujian kuat tekan pada variasi 5% penambahan dengan nilai 17,39 MPa lebih rendah dibanding dengan beton dengan variasi 0% atau beton normal dengan nilai 31,39 MPa. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan kinerja beton yang menggunakan serat rambut sebagai material.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini, sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai kuat tekan beton normal dengan beton serat limbah rambut manusia ?
2. Bagaimana nilai kuat tarik belah beton normal dengan beton serat limbah rambut manusia ?
3. Bagaimana nilai kuat lentur beton normal dengan beton serat limbah rambut manusia ?
4. Bagaimana perbandingan nilai persentasi kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton normal dengan beton yang menggunakan serat limbah rambut manusia ?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini :

1. Untuk menganalisis nilai kuat tekan beton normal dengan beton serat limbah rambut manusia
2. Untuk menganalisis nilai kuat tarik belah beton normal dengan beton serat limbah rambut manusia
3. Untuk menganalisis nilai kuat lentur beton normal dengan beton serat limbah rambut manusia
4. Untuk menganalisis perbandingan nilai persentasi kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton normal dengan beton yang menggunakan serat limbah rambut manusia

#### **I.4 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini dibutuhkan batasan-batasan masalah dengan menggunakan bahan pada beton normal :

1. Semen portland
2. Agregat halus (Pasir)
3. Agregat kasar (Krikil)
4. Serat yang digunakan adalah limbah rambut manusia (semua jenis rambut kepala manusia) dengan Panjang 3cm sampai 10cm
5. Karakteristik yang akan diteliti kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur
6. Variasi tabahan limbah rambut manusia pada beton yaitu 0%, 0,25%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dari berat semen
7. Perencanaan mutu beton normal 20 MPa
8. Analisa kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada umur 28 hari.

## I.5 Penelitian Terdahulu

Shanker Lal dkk 2020, Rambut Kulit Kepala Manusia sebagai Penguat Serat pada Semen Beton, Menyimpulkan kekuatan tarik belah meningkat menjadi 15% dan 4,2% pada rasio campuran 1:2:4 dan 1:1.5:3 masing-masing pada penambahan 1% rambut kepala manusia. Dan itu menurun pada persentase serat rambut lainnya. Kuat lentur beton serat rambut kulit kepala manusia meningkat menjadi 7,4% dan 6% pada rasio campuran 1:2:4 dan 1:1.5:3 masing-masing pada penambahan 2% serat rambut. Ini menurun pada persentase lain dari serat rambut kepala manusia. Secara komparatif, nilai yang lebih tinggi pada kedua kekuatan dicatat pada rasio campuran 1:2:4 daripada rasio campuran 1:1.5:3 pada rasio airsemen yang sama. Workability dalam hal nilai slump menurun dengan meningkatnya persentase rambut kepala manusia; nilai yang lebih rendah dicatat pada 3% dari rambut kulit kepala manusia. Secara komparatif, nilai slump yang lebih tinggi diamati pada rasio campuran 1:1.5:3. Kepadatan beton menurun dengan meningkatnya jumlah serat rambut kepala manusia. Pengurangan kepadatan adalah 2,0% dan 8,0% pada rasio campuran 1:2:4 dan 1:1.5:3 masing-masing.

Hendrik, 2017. Pengaruh Penambahan Lateks Dan Serat Rambut Terhadap Beton, Bahwa nilai kuat tekan dengan penambahan lateks 0%, 0.25%, 0.5%, dan 0.75% rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut adalah 24.04 MPa, 25.04 MPa, 26.19 MPa, dan 27.22 MPa dan nilai kuat tekan dengan penambahan lateks 0.25%, 0.5%, dan 0.75% dan serat rambut 2 % rata-rata pada umur 7 hari berturut-turut adalah 22.22 MPa, 23.36 MPa, dan 23.83 MPa. Nilai kuat tekan dengan penambahan lateks 0%, 0.25%, 0.5%, dan 0.75% rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut adalah 24.04 MPa, 25.04 MPa, 26.19 MPa, dan 27.22 MPa dan nilai kuat tekan dengan penambahan lateks 0.25%, 0.5%, dan 0.75% dan serat rambut 2 % rata-rata pada umur 7 hari berturut-turut adalah 22.22 MPa, 23.36 MPa, dan 23.83 MPa. Hal ini disebabkan karena lateks mampu menyerap air, dan semakin banyak lateks serta serat rambut yang ditambahkan, semakin tinggi nilai absorpsinya. Sebaliknya, rambut sendiri tidak dapat menyerap air. Rata-rata nilai kuat lentur balok dengan penambahan lateks 0,75% dan serat rambut 2% setelah 28 hari adalah 6,103 MPa.

Ibrar Ahmad dkk 2016, Kuat Tekan Mortar Semen yang dicampur dengan Serabut Kelapa dan Rambut Manusia, Menyimpulkan bahwa serat kelapa 4% ke dalam campuran memberikan kekuatan 3 hari yang tinggi dan 6% memberikan kuat tekan yang tinggi pada pemeraman 28 hari pada suhu kamar. Penggunaan rambut manusia hingga 2% pada awalnya memberikan kekuatan yang tinggi. Namun dengan semakin meningkatnya persentase rambut manusia ke dalam campuran menunjukkan penurunan kuat tekan mortar pada semua hari pemeraman. Penambahan 6% serat campuran (sabut kelapa dan rambut manusia) ke dalam mortar semen menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi pada 3 hari dari 2% dan 4%, sedangkan kuat tekan mortar ditemukan lebih tinggi untuk 2% pada 28 hari dari kuat tekan mortar untuk 4% dan 6% serat campuran. Dengan meningkatkan persentase sabut kelapa kekuatan mortar meningkat pada semua hari pemeraman.

T.Naveen Kumar dkk, 2015, Studi Eksperimental Sifat Mekanik Beton Bertulang Serat Rambut Manusia (Grade M-40), Adapun hasil eksperimen menunjukkan fitur yang menonjol berikut dari beton Grade M-40 dengan penambahan HRF. Ditemukan bahwa beton kelas M-40 dengan serat rambut manusia 1,5% menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 7,22%, 7,21% dan 8,18% pada periode perawatan masing-masing 7 hari, 14 hari dan 28 hari jika dibandingkan dengan beton semen polos. Peningkatan kuat lentur berturut-turut sebesar 27,60%, 20,93% dan 23,56% untuk kondisi percobaan yang sama pada masa pemeraman masing-masing 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Demikian pula kekuatan tarik belah mengalami peningkatan sebesar 17,26%, 29,98% dan 26,60% untuk kondisi percobaan yang sama pada periode pemeraman masing-masing 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Selain sifat mekanik beton, beton telah meningkatkan sifat fisik berikut, Penambahan bulu manusia ke beton tidak hanya mengubah berbagai sifat beton seperti kekuatan tarik, kuat tekan tetapi juga meningkatkan sifat pengikatan, kontrol retak mikro dan juga meningkatkan ketahanan spalling. Lebar retak berkurang ke tingkat yang lebih besar. Ini memberikan daktilitas sampai batas tertentu yang dapat dilihat dalam pengujian eksperimental balok. Ini cenderung balok untuk menekuk dan dengan demikian peringatan baik sebelum kegagalan sehingga meningkatkan keselamatan. Saat persentase rambut manusia meningkat,

kekuatannya meningkat hingga 1,5% itu sendiri dan kemudian menurun. Pada dasarnya ke- cenderungan rambut manusia yang memiliki daya serap air sekitar 30% dari beratnya sendiri. Dan, sifatnya najis, persentasenya bisa meningkat hingga 45-50% dari beratnya. Jadi, kami menambahkan beton tidak cukup dimanfaatkan oleh semen, sehingga persentase semen yang tidak terhidrasi meningkat lebih banyak. Oleh karena itu melemahkan struktur dan kekuatan akan berkurang.

George M Varghese dkk, 2015, Beton Bertulang Serat Rambut Manusia, Menyimpulkan pada penelitiannya bahwa Rambut digunakan sebagai aditif dalam berbagai persentase berat semen dalam beton. Pengujian kekuatan dan durabilitas dilakukan pada beton bertulang serat rambut dan hasilnya menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 12% dan peningkatan kuat lentur sebesar 22% pada penambahan 1% serat rambut menurut berat semen. Peningkatan kekuatan lentur menunjukkan pengurangan retak mikro, yang merupakan ancaman terhadap daya tahan. Penambahan serat rambut 1% berat semen menunjukkan hasil yang lebih baik dalam kekuatan dibandingkan dengan persentase lainnya. Penambahan lebih lanjut menunjukkan penurunan hasil meskipun tidak ada kerugian kurang dari kekuatan target. Beton bertulang normal akan terpengaruh oleh pengaruh kelembaban dan agen korosif lainnya. Serangan ini disebabkan oleh munculnya retakan mikro pada tahap terakhir dari struktur beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa karena penggabungan serat rambut, karakter daya tahan dapat sedikit meningkat. Dari uji ketahanan, terlihat bahwa ke- hilangan kekuatan berkurang dengan penambahan 1% rambut dari berat semen. Oleh karena itu, kita dapat menyimpulkan bahwa serat rambut adalah aditif yang menguntungkan untuk beton, yang mengurangi pembentukan retak, memungkinkan umur panjang struktur.

Ali Shaikh dkk, 2017, Pengaruh Rambut Manusia sebagai Serat pada Semen Beton, Menyimpulkan bahwa pada 0,25% rambut manusia bila digunakan dalam beton maka terjadi kenaikan sebesar 10,71% dan 3,65% pada gaya tekan kubus dan kuat tarik belah masing-masing pada perbandingan campuran 1:2:4 dengan perbandingan air-semen 0,50. Pada 0,50% rambut manusia bila digunakan dalam beton maka terjadi peningkatan sebesar 1,77% pada kuat tekan kubik dan

Penurunan kekuatan tarik belah sebesar 7,84% pada rasio campuran 1:2:4 dengan Pada 0,75% rambut manusia bila digunakan dalam beton maka terjadi penurunan sebesar 8,97% pada gaya tekan kubus dan 5,67% pada kuat tarik belah pada perbandingan campuran 1:2:4 dengan perbandingan air semen 0,50. Pada 1% rambut manusia bila digunakan dalam beton maka terjadi penurunan 10,89% pada kuat tekan kubik dan 3,65% pada kuat tarik belah pada perbandingan campuran 1:2:4 dengan perbandingan air semen 0,50.

Dipshi, Dan Nirbhaythakur, 2019, Sebuah Studi berdasarkan kombinasi sabut kelapa dan rambut manusia yang dicampur dengan beton, Serabut kelapa pada 4% ke dalam campuran memberikan kekuatan 3 hari tinggi dan 6% memberikan kuat tekan tinggi pada 28 hari pemeraman pada suhu kamar. Dengan meningkatkan persentase kekuatan serabut kelapa mortar meningkat pada semua hari perawatan. Penggunaan rambut manusia hingga 2% awalnya memberi kekuatan tinggi. Namun, dengan semakin meningkatkan persentase rambut manusia ke dalam campuran menunjukkan penurunan kekuatan tekan mortar di semua hari perawatan.

R.P.Kowsalya Devi dkk, 2021, Kajian Rambut Manusia Pada Beton Sebagai Penguat Serat, Limbah rambut manusia dapat dikelola secara efektif untuk dimanfaatkan dalam konstruksi beton bertulang serat. Menurut penelitian yang dilakukan diamati bahwa ada peningkatan yang luar biasa dalam sifat beton menurut persentase rambut berat semen dalam beton. Beton serat rambut manusia memiliki kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan beton normal. Juga kekuatan tarik belah yang lebih baik dicapai dengan penambahan rambut manusia pada beton dan kekuatan beton juga meningkat. Terjadi peningkatan kuat tekan secara keseluruhan sebesar 1-12% pada beton dan hingga peningkatan sebesar 5% pada kuat lentur benda uji beton dengan penambahan serat rambut dalam jumlah yang berbeda. Juga pembentukan retak dan propagasi sangat berkurang menunjukkan bahwa beton bertulang serat dapat memiliki aplikasi dalam konstruksi tahan gempa. Penambahan bulu manusia pada beton tidak hanya mengubah berbagai sifat beton seperti kuat tekan, kuat tarik tetapi juga meningkatkan kontrol retak mikro, sifat mengikat dan juga meningkatkan ketahanan spalling. Diamati dengan baik dalam

penelitian bahwa peningkatan maksimum lebar retak juga berkurang ketinggian yang lebih besar. Diamati dengan baik dalam penelitian bahwa peningkatan maksimum Lebar retak juga berkurang ke tingkat yang lebih besar. Diamati dengan baik dalam penelitian bahwa peningkatan maksimum dalam kekuatan diperhatikan dalam penambahan 2% serat rambut dengan berat beton di semua campuran. Oleh karena itu penggunaan rambut sebagai serat dalam beton meningkatkan sifat-sifat beton. Serat rambut juga tersedia dalam jumlah besar dengan biaya yang sangat rendah. Menggunakan serat rambut juga merupakan ide ramah lingkungan.

Shobha Ram dkk, 2018, Studi Eksperimental pada Beton Bertulang Serat Rambut Manusia, Daya kerja beton menurun seiring dengan peningkatan penggantian semen dengan abu sekam padi. Selanjutnya selama pencampuran serat rambut manusia dalam beton untuk mencapai kemampuan kerja yang baik, ada balling dan gumpalan serat rambut yang terlihat pada dan di atas 1,5% serat rambut manusia yang digunakan pada kisaran penggantian 0-20% abu sekam padi, kuat tekan beton meningkat pada 5% Abu sekam padi untuk campuran kedua dengan 0, 0,75 & 1,5% serat rambut manusia. Ini meningkat sebesar 22,2, 28,9 & 25,64% masing-masing dari 0% kadar abu sekam padi, ada peningkatan yang luar biasa dalam penambahan 1,5% serat rambut manusia dalam kekuatan tekan di semua campuran. Kuat tekan beton meningkat dengan 0,75 dan 1,5% serat rambut manusia pada 10 dan 15% kadar abu sekam padi sebesar 4,34 & 2,85%. Telah terjadi peningkatan bertahap dalam kuat tekan hingga 1,5% dari serat rambut manusia dan tingkat penggantian optimum Abu Sekam Padi ditemukan menjadi 10% untuk beton kelas M45 setelah kekuatan mulai menurun.

G.Sreevani Dan B.Ajitha, 2017, Rambut Manusia sebagai Penguat Serat pada Beton, membuat suatu penelitian limbah rambut manusia sebagai serat pada beton dengan prosentase 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dari berat beton, berdasarkan hasil uji kuat tekan, uji kuat tarik dan uji kuat lentur diamati dengan baik bahwa peningkatan maksimum diperhatikan dalam penambahan limbah rambut manusia 1,5% dari berat beton, penambahan limbah rambut manusia ke beton tidak hanya memodifikasi berbagai sifat beton seperti kekuatan tekan tetapi juga meningkatkan sifat mengikat.

Jimmy Gupta Dan Vandana, 2016, Pengaruh terhadap Kuat Tekan Beton dengan Penggunaan Rambut Manusia Alami sebagai Bahan Berserat, dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kepadatan akan sedikit berubah dengan perubahan presentase serat rambut manusia. Serat rambut manusia memberikan peran penting dalam beton untuk menghasilkan kekuatan extra drngan biaya sangat rendah. Rambut manusia sebagai serat atau bahan penguat bisa digunakan dalam beton untuk mengubahnya rapuh ke ulet. Ini bisa diperiksa dari kegagalan kondisi sampel FRC kubik dan diagram sampel beton normal. Maksimum persentase rambut manusia alami dapat digunakan dalam hal massa bahan pengikat dan agregat 0,25% dari berat volume beton. Kelemahan utama dari jenis serat penguat ini adalah distribusi dalam campuran karena rambut manusia berminyak permukaan sehingga mengkonversi dalam bentuk simpul, sehingga untuk mengatasi masalah ini.

Engr. Fawad Khan Dan Dr. Khan Shahzada, 2018, menyimpulkan dari hasil penelitiannya bahwa dengan penambahan 6% serat rambut pada beton menunjukkan hasil yang memuaskan. Kekuatan tekan beton menurun hingga 53% ketika penambahan serat rambut 10%. Kekuatan tarik beton menurun hingga 43% ketika serat rambut yang ditambahkan adalah 10%. Kekuatan lentur beton menurun hingga 55% dengan penambahan 10% serat rambut. Jelas dari hasil bahwa penambahan serat rambut manusia dalam beton tidak berpengaruh pada keuletan dan ketangguhan beton itu sendiri.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Beton**

Beton adalah campuran dari bahan penyusun seperti semen, kerikil, pasir, dan air, yang juga dilengkapi dengan bahan tambahan. Beton dapat dianggap berkualitas jika memiliki sifat mekanik dan ketahanan yang baik. Salah satu sifat mekanik penting dari beton adalah kuat tekan. Karakteristik ini berkaitan erat dengan sifat-sifat lainnya, sehingga jika kuat tekan tinggi, maka karakteristik lainnya juga cenderung baik. (Erniati & Tjaromage, 2016).

Beton terdiri dari bahan penyusun yaitu semen hidrolik, air, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambahan (Mulyono, 2019). menurut (Jack CMc Cormac, 2001), menguraikan bahwa beton merupakan campuran yang terdiri pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang diaduk menjadi suatu campuran yang dibuat dari semen dan air yang membentuk. Terkadang, bahan adiktif ditambah agar membuat beton dengan karakteristik tertentu, seperti mudah dalam pengerjaan (workability) durabilitas, dan waktu pengetasan.

Sifat beton, adalah tahan terhadap menahan tekan, akan tetapi lemah terhadap gaya tarik. Beton mengalami retak ketika beban dipikulnya lebih dari kuat tariknya (Asroni, 2010)

#### **II.2 Beton Serat**

Beton serat adalah beton terdiri, dari semen hidrolik, air, agregat kasar, agregat halus dan serat (serat baja, plastik, glass, serat alami). (Tjokrodinuljo, 1996) beton serat (fiber concrete) sebagai bahan tambahan yang terdiri beton normal dan bahan serat (diameter sekitar 5 sampai 500  $\mu\text{m}$  dan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm). Penambahan serat bertujuan untuk mengurangi kelemahan sifat beton yaitu lemah terhadap gaya tarik.

Beton adalah batu yang dibuat dan mampu menahan gaya tekan cukup tinggi, dibuat dari air, semen, krikil dan pasir. Untuk memperbaiki kualitas beton dilakukan dengan cara mengganti atau menambah bahan pokok semen dan agregat, sehingga dapat menghasilkan beton dengan spesifik seperti beton berat, beton ringan, beton tahan bahan kimia tertentu. Beton serat (*fibre reinorced concrete*) merupakan salah satu beton konvensional yang ditambahkan serat. Serat yang dapat digunakan yaitu dari beberapa jenis yaitu limbah kain, kawat, plastik, dan bambu (Mudji Suhardiman 2011).

Beton serat diartikan sebagai beton yang dibuat dari semen, pasir, krikil dan serat/ *fibre* (ACI *Cocommitte* 544, 1982). Serat yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan sifat beton pada beton serat yaitu kaca, plastik, baja, karbon dan serat terbuat dari bahan alami yaitu ijuk, rami dan serat tumbuhan lain (ACI, 1982).

### **II.3 Material Penyusun Beton**

Untuk membuat campuran beton kokoh dan kuat hal yang harus di perhatikan bahan material beton yaitu air, pasir, krikil, dan semen sebagai pengikatnya, adapun penjelasannya mengenai bahan penyusun beton itu sendiri yaitu sebagai berikut :

#### **II.3.1 Semen**

Semen adalah bahan perekat yang dapat mengikat material atau bahan campuran seperti agregat kasar, agregat halus, dan air, sehingga dapat membentuk suatu konstruksi. Secara umum, semen dipahami sebagai bahan yang memiliki kemampuan untuk merekatkan agregat menjadi satu kesatuan yang kokoh dan kuat (Bonardo Pangaribuan, Holcim).

Sedangkan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen portland yaitu semen hidrolisis yang dibuat dengan cara menggiling terak (Clinker) portland yang terdiri kalsium silikat ( $\text{CaO.SiO}_2$ ) yang bersifat hidrolis dan dicampur dengan bahan tambahan yaitu berupa bentuk seperti kristal senyawa kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$ ) dan bisa ditambahkan dengan bahan tambah lainnya (Mineral In Component).

Hidrolis berarti bisa bereaksi dengan air, senyawanya yang hidrolisnakan bereaksi sama air dengan cepat. Semen portland bersifat hidrolis karna didalamnya terkadang kalsium silikat ( $\text{CaO.SiO}_2$ ) dan kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$ ) yang bersifat hidrolis dan beraksi dengan air sangat cepat. Reaksi semen dan air bereaksi secara *irreversibel*. Yaitu artinya dimana cuma dapat tercampur hanya sekali dan tidak bisa dikembalikan seperti awal. Bahan utama dari semen yaitu kalsium silikat ( $\text{CaO.SiO}_2$ ), kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$ ) dan adapun bahan tambahan (Mineral In Component) sebagai *cement filler*.

Ada beberapa tipe-tipe semen diantaranya sebagai berikut :

1. Semen portland tipe I, adalah semen yang hanya dapat digunakan secara umum tanpa ada persyaratan khusus lainnya.
2. Semen Portland tipe II, adalah semen yang hanya dalam penggunaannya membutuhkan tahan terhadap senyawa sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Semen portland tipe III, adalah semen yang hanya pada penggunaannya membutuhkan kuat awal yang tinggi.
4. Semen Portland tipe IV, adalah semen yang hanya pada penggunaannya membutuhkan panas hidrasi yang lebih rendah.
5. Semen portland tipe V, adalah semen yang hanya pada penggunaannya membutuhkan tahan terhadap sulfat yang tinggi.

### II.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar atau bisa dikatakan dengan krikil untuk bahan alami dari berupa batu yang di pecah peroleh dari pabrik batu pecah, dengan ukuran sekitar 4,76 mm – 150 mm. Agregat kasar terdiri dari butiran yang keras tidak mempunyai pori dan keras, agregat kasar tidak diperuntukan ketika mempunyai kandungan lumpur lebih dari 1% dalam keadaan kering, agregat yang mempunyai kandungan lumpur lebih dari 1% disarankan untuk dicuci sebelum digunakan.

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar merupakan kerikil berupa batu pecah atau batu alam yang di peroleh oleh pabrik batu pecah dan ukuran sekitar 4,75 mm (No.4) hingga 37,5 mm (No.1½ inci).

Tabel II. 1 Batasan Gradasi Untuk Agregat Kasar

Ukuran Saringan ( Ayakan )				% Lolos Saringan / Ayakan		
				Ukuran maks. 10 mm	Ukuran maks. 20 mm	Ukuran maks. 40 mm
Mm	SNI	ASTM	Inch			
75,0	76	3 in	3,00	-	-	100-100
37,5	38	1 ½ in	1,50	-	100-100	95-100
19,0	19	¾ in	0,75	100-100	95-100	35-70
9,5	9,6	⅜ in	0,375	50-85	30-60	10-40
4,75	4,8	No.4	0,187	0-10	0-10	0-5

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berdasarkan ASTM C33 kerikil terdiri dari batuan yang dipecah dengan ukuran butir lebih dari 5mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm. Adapun jenis-jenis agregatkasar yang umum didapatkan yaitu :

1. Batu pecah alam, bisa di dapat dari batu yang pecah alami yang akan di gali.
2. Kerikil alami, kerikil terbentuk dengan proses yang alami adalah dimana terjadi pengikisan batu oleh air yang mengalir di sungai.

Untuk mengetahui batasan gradasi untuk agregat kasar dapat dilihat pada Tabel II.1

### II.3.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan sebuah pasir sebagai pengisi antara krikil hingga dapat dijadikan ikatan yang lebih kuat dan mempunyai  $B_j$  1400 kg/m. Agregat halus bagus ketika mengandung lumpur kurang dari 5% dari berat dan tidak mempunyai kandungan bahan organik dan dibuktikan dengan melakukan pengujian warna dari ABRAMS-HARDER dengan larutan NaOH 3%.

Menurut SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat yang dihasilkan dari pemecahan dan pemisahan butiran melalui penyaringan atau metode lain dari batuan atau terak tanur tinggi. Berdasarkan ASTM C33, agregat halus umumnya berupa pasir dengan partikel yang lebih kecil dari 5 mm, atau yang lolos saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200. Untuk mengetahui batasan gradasi untuk agregat halus dapat dilihat pada Tabel II.2.

Tabel II. 2 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus

Ukuran Saringan ( Ayakan )				% Lolos Saringan / Ayakan			
				Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
Mm	SNI	ASTM	Inch	Gradasi No.1	Gradasi No.2	Gradasi No.3	Gradasi No.4
9,50	9,6	$\frac{3}{8}$ in	0,375	100-100	100-100	100-100	100-100
4,75	4,8	No.4	0,187	90-100	90-100	95-100	95-100
2,36	2,4	No.8	0,093	60-95	75-100	95-100	80-100
1,18	1,2	No.16	0,046	30-70	55-90	90-100	50-85
0,60	0,6	No.30	0,023	15-34	35-59	80-100	25-60
0,30	0,3	No.50	0,011	5-20	8-30	15-50	5-30
0,15	0,15	No.100	0,005	0-10	0-10	0-15	0-10

Sumber : SNI 03-2834-2000

### II.3.4 Air

Dalam proses pembuatan beton segar, air adalah salah satu faktor yang sangat penting, karena air bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta yang mengikat agregat. Kadar air berpengaruh terhadap kuat tekan beton; jika air terlalu banyak, kekuatan beton akan menurun. Selain itu, kelebihan air juga dapat menyebabkan fenomena bleeding, di mana air bercampur dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton yang baru saja dituang. Air dicampurkan beton berpengaruh pada *workability* campuran beton tersebut, besar kecilnya nilai susut beton, reaksi terjadi pada semen portland sehingga menghasilkan kuat beberapa waktu, dan peran air akan sangat mendukung pada campuran beton karena dibutuhkan agar proses pengerasan yang bagus.

Sedangkan menurut SK SNI 03-2847-2002 Air yang dibutuhkan untuk adukan pada beton bagusnya yang tidak mengandung bahan garam, asam, oli, karena akan berpengaruh pada tulangan yang ada pada beton tersebut. Air yang disarankan untuk adukan beton bertulang atau beton yang dimasukkan aluminium air yang bersih dalam agregat, tidak bisa mengandung ion klorida dengan jumlah yang bisa dikatakan banyak.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan air dalam campuran adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Air yang pakai tidak mempunyai kadar lumpur lebih banyak dari 2 gr/ltr, karena bisa dapat berkurang daya lengket atau biasa juga mengembang (saat proses pengecoran karena tercampur dengan air) dan terjadi penyusutan.
2. Air yang pakai tidak mempunyai kadar garam lebih banyak dari 15 gr, karena dapat mengakibatkan tingginya resiko korosi pada beton.
3. Air tidak mempunyai kandungan klorida lebih dari 0,5 gr/ltr karena bisa menyebabkan korosi pada tulangan beton.
4. Air tidak mempunyai kandungan senyawa sulfat lebih banyak dari 1 gr/ltr karena bisa menyebabkan kekuatan beton tersebut sehingga cepat retak atau bisa dikatakan lemah.
5. Air tidak mempunyai kandungan minyak lebih banyak dari 2% dari berat semen karena akan terjadi penurunan kuat tekan pada beton sebesar 20%.

6. Air tidak mempunyai kandungan gula lebih banyak dari 2% dari berat semen karena akan mengakibatkan berkurangnya kuat tekan pada beton diumur perendaman 28 hari.

#### **II.4 Rambut Manusia**

Rambut adalah adneksa kulit (kelenjar kulit atau lapisan dermis) yang tumbuh hampir semua permukaan kulit mamalia maupun manusia terkecuali telapak tangan dan telapak kaki (Wasitaatmadja, 1997). Rambut yang tumbuh bagian epidermis pada kulit, tumbuh merata ditubuh manusia maupun mamalia yang hidup. Adapun komponen rambut terdiri dari asam nukleat, keratin, karbohidrat, sistin, sistein, lemak, arginin, sistrulin, dan enzim (c).

#### **II.5 Perilaku Mekanik Beton**

Perilaku sifat mekanik pada beton merupakan kekuatan beton pada saat memikul kuat tekan atau pada struktur dibangunan. Beton yang bagus dimana beton yang memiliki kuat tekan yang tinggi atau bisa memikul beban yang lebih dan kuat tarik yang baik, kedapan udara dan air, tahan terhadap sifat mekanik beton kondisi keras antara lain kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah, kuat geser dan modulus elastisitas. (Erniati & M. Wihardi Tjaronge, 2016). Dalam penelitian ini hanya membahas sifat mekanik kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton.

##### **II.5.1 Kuat Tekan**

kekuatan tekan ialah dimana kemampuan beton tersebut untuk dapat menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengartikan bahwa mutu beton tersebut tinggi. Ketika kekuatan struktur yang direncanakan tinggi maka akan semakin tinggi juga mutu pada beton yang di hasilkan. (Mulyono, 2004).

Kuat tekan beton merupakan kuat tekan maksimal yang bisa diterima oleh beton. Kuat tekan beton mewakili oleh tegangan tekan maksimal  $\sigma$  dengan satuan  $N/mm^2$  atau Mpa (*mega pascal*). Kuat tekan beton dapat dipengaruhi dengan faktor dari air semen, jenis agregat, dan jenis campuran, kelecakan (*workability*), perawatan (*curing*) pada umur beton. FAS sangat mempengaruhi kuat tekan beton,

semakin kecil FAS nya maka jumlah airnya sedikit yang akan menghasilkan kuat tekan beton (Erniati & Tjaronge, 2016)

Nilai kuat tekan pada beton diambil dari pengujian standar dengan benda uji beton yang bermodel silinder. Dimensi benda uji yang digunakan dalam dipenelitian ini ialah 20 cm dan diameter 10 cm. Cara proses pengujian yang umum dipakai ialah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing benda uji ditentukan dari kuat tegangan tekan tertinggi ( $f_c'$ ) yang didapat pada benda uji umur 28 hari karena beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).

Untuk mengetahui nilai pada kuat tekan beton yang berdasarkan pada percobaan di laboratorium yaitu sebagai berikut (Antono, 1995) :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (II.1)$$

Dimana :

- $f_c'$  = Kuat tekan (Mpa)
- P = Beban tekan (N)
- A = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

### II.5.2 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton jauh lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekannya, yaitu sekitar 9% - 15% dari  $f_c'$ . Kuat tarik beton mempengaruhi kemampuan beton dalam menghadapi retakan awal sebelum menerima beban. Kuat tarik tidak sebanding lurus dengan kuat tekan ultimate-nya. Pengukuran kuat tarik ini cukup sulit dilakukan menggunakan beban tarik aksial langsung; oleh karena itu, untuk mengetahui kuat tarik beton, pengujian biasanya dilakukan menggunakan metode uji keruntuhan (*modulus of rupture*) dan metode uji belah silinder (Erniati & Tjaronge, 2016).

Pengujian tarik belah adalah proses pengujian yang dilakukan dengan membelah silinder menggunakan tekanan pada arah diameternya untuk menentukan kuat tarik belahnya, yang dilakukan dengan alat *tensile splitting test* (TST). Metode uji belah silinder (*split cylinder*) umumnya memberikan hasil yang lebih akurat dan lebih mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil

pengujian berulang kali kuat tarik  $T = 0,5 - 0,60 \sqrt{f_c}$  (Istimawan D, 1994). Menjelaskan dalam pasal 11.5 SNI-03-2847, 2002. Nilai kuat tarik beton bila di hubungkan dengan kuat tekannya adalah  $T = 0,7 \sqrt{f_c}$  Mpa.

Kuat tarik belah beton dapat diukur dengan melakukan uji pembelahan silinder sesuai dengan standar ASTM C496/C496M-11, 2011. Sebuah silinder ditempatkan pada posisi yang tepat di mesin pengujian, kemudian beban tekan diterapkan secara merata di sepanjang silinder hingga terbelah dua dari ujung ke ujung, yang menunjukkan bahwa kuat tariknya telah tercapai. Untuk menentukan kuat tarik dapat ditentukan dengan Persamaan II.2.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (II.2)$$

Dimana:

$f_{ct}$  = Kuat tarik belah ( $N/m^2$ )

P = Beban pada waktu belah (N)

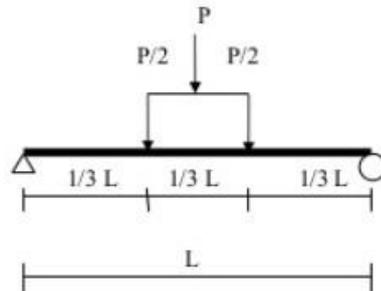
L = Panjang benda uji silinder (m)

D = Diameter benda uji silinder (m)

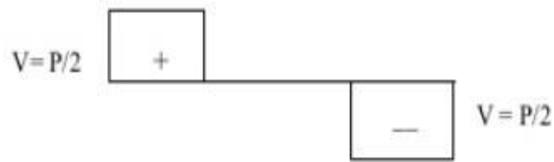
### II.5.3 Kuat Lentur

Kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan oleh momen lentur, yang kemudian dibagi dengan momen penahan pada penampang balok uji. Berdasarkan SNI 03 2493-1991 mengenai Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Lentur, panjang balok harus empat kali lebar balok, dan tinggi balok harus lebih besar dari lebar balok.

Sebuah balok sederhana yang dikenai beban secara bersamaan oleh dua gaya  $P/2$ , seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.1 Pembebanan 1/3 Bentang ( $1/3 L$ ), Gambar II.2 Gaya lintang (V), Gambar II.3 Diagram momen lentur, Gambar II.4 Balok Sederhana Dengan 2 Titik pembebanan.



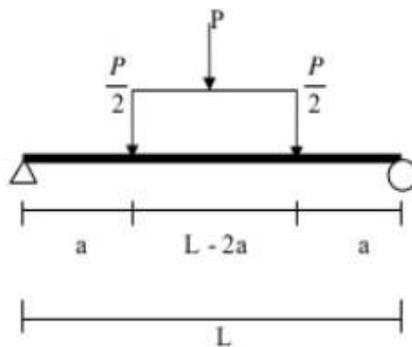
Gambar II. 1  $\frac{1}{3}L$  Pembebanan  $\frac{1}{3}$



Gambar II. 2 Gambar Lintang (V)



Gambar II. 3 Diagram Momen Lentur



Gambar II. 4 Balok Sederhana Dengan 2 Titik Pembebanan

Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok (Gilbert, 1990):

1. Retak lentur (*flexural crack*) terjadi di daerah dengan momen lentur yang lebih besar dan gaya geser yang kecil. Arah retak tersebut hampir tegak lurus terhadap sumbu balok.
2. Retak geser pada bagian balok (*web shear crack*) adalah keretakan miring yang terjadi di daerah garis netral penampang, di mana gaya geser mencapai maksimum dan tegangan aksial sangat kecil.
3. Retak geser-lentur (*flexural shear crack*) terjadi pada bagian balok yang telah mengalami keretakan lentur sebelumnya. Retak geser lentur merupakan perambatan keretakan miring yang berasal dari keretakan lentur yang terjadi sebelumnya.

Adapun Rumus-Rumus yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur beton dalam mega pascal (MPa) berdasarkan SNI 03-4431-1997 adalah sebagai berikut :

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$\sigma_1 = \frac{Pl}{bh^2} \dots\dots\dots (II.3)$$

2. Untuk Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$\sigma_1 = \frac{3Pa}{bh^2} \dots\dots\dots (II.4)$$

Keterangan:

$\sigma_1$  = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji ( pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma)

l = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian dilaksanakan selama  $\pm$  tiga bulan yakni bulan Juni s/d Agustus 2024. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar.

#### **III.2 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental di laboratorium. Variabel penelitian disini adalah penambahan limbah rambut manusia . Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar. Adapun penambahan limbah rambut manusia yang digunakan yaitu semua jenis rambut manusia dengan panjang yang tidak menentu sesuai potongan rambut manusia biasanya. dengan komposisi campuran 0%, 0,25%, 0,5%, 1% dan 1,5% dari berat semen.

#### **III.3 Alat Dan Bahan Uji Penelitian**

Penelitian ini menggunakan alat uji sebagai berikut :

1. Timbangan dengan kapasitas 50kg untuk menimbang agregat, semen, air.
2. *Oven* dengan tempratur 300 °C dan daya listrik 2200 W untuk mengeringkan material.
3. Ayakan dengan ukuran diameter saringan 38 mm; 25 mm; 19 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; pan, dan mesin penggetar ayakan (*vibrator*) yang digunakan untuk pengujian gradasi agregat halus dan kasar.
4. Cetakan benda uji berupa silinder dan balok
5. Compression Testing Machine dan Hidrolik Concrete Beam

## 6. Universal Testing Machine

Alat bantu lain :

- a. Spatula
- b. Gelas ukur kapasitas 250 ml untuk uji agregat.
- c. Gelas ukur 2000 ml untuk menakar air
- d. Stopwatch
- e. Lap kering
- f. Ember
- g. Alat tulis
- h. Formulir penelitian
- i. Kamera

Bahan yang dipakai untuk pembuatan benda uji adalah :

- a. Semen Portland
- b. Agregat Halus (pasir)
- c. Agregat Kasar (kerikil)
- d. Air
- e. Limbah Rambut Manusia

Sebelum penelitian dilakukan terlebih dahulu akan dilakukan uji bahan beton hanya untuk sebahagai mengetahui apakah bahan penyusun yang digunakan termasuk memenuhi standar yang dipakai untuk pengujian peroses pembuatan beton segar. Pengujian ini dilakukan untuk uji karakteristik pasir (agregat halus) dan

kerikil(agregat kasar). Pengujian karakteristik agregat ini yang akan digunakan pada penelitian berdasarkan ASTM seperti yang terlihat pada tabel dibawah

Tabel III. 1 Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1.	Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM C 136-01
2.	Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan	ASTM C 128-01
3.	Pemeriksaan Berat Volume	ASTM C 29M-97
4.	Pemeriksaan Berat Air	ASTM C 566-97
5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur	ASTM 117-95
6.	Pemeriksaan Kadar Organik	ASTM C 40-99

*Sumber : ASTM (American Standard Testing and Material)*

Tabel III. 2 Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1.	Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM C 136-01
2.	Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan	ASTM C 127-01
3.	Pemeriksaan Berat Volume	ASTM C 29M-97
4.	Pemeriksaan Berat Air	ASTM C 566-97
5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur	ASTM 117-95
6.	Pemeriksaan Abrasi/Keausan	ASTM C 131-03

*Sumber : ASTM (American Standard Testing and Material)*

### III.4 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini hanya dirancang untuk pembuatan beton serat rambut manusia, dimana beton tersebut dicampurkan dengan limbah rambut manusia sebagai serat. Adapun benda uji dalam penelitian ini untuk setiap data yang diperlukan bisa dilihat pada tabel III.3

Tabel III. 3 Jumlah Benda Uji Untuk Analisa Umur 28 Hari

	Jenis pengujian	Bentuk benda uji	Jumlah benda uji untuk analisa umur 28 hari dengan variasi kadar kandungan serat rambut					Jumlah
			0%	0,25%	0,5%	1%	1,5%	
Air yang digunakan air bersih	Kuat tekan	Slinder 10x20 cm	3	3	3	3	3	15
	Kuat tarik belah	Slinder 10x20 cm	3	3	3	3	3	15
	Kuat lentur	Balok 15x15x 60 cm	3	3	3	3	3	15
Total								45

### III.5 Pengujian Slump Test

Tujuan dari pengujian *slump test* adalah untuk menentukan tingkat kemudahan dalam mengerjakan beton yang dinyatakan dalam nilai tertentu. Slump didefinisikan sebagai besarnya penurunan tinggi pada pusat permukaan atas beton, yang diukur segera setelah cetakan uji *slump* diangkat.

Alat yang digunakan dalam menentukan *slump test* sebagai berikut:

1. Cetakan dari logam minimal 1,2 mm berupa kerucut terpancung (*cone*) dengan diameter bagian bawah 203 mm, bagian bawah dan atas 102 mm, dan tinggi 305 mm, bagian bawah dan atas cetakan terbuka.
2. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat.
3. Pelat logam dengan permukaan yang kokoh, rata dan kedap air.
4. Sendok cengkung menyerap air.
5. Mistar ukur.

Prosedur pelaksanaan untuk menentukan *slump test* dilakukan dengan cara memasukkan beton segar ke dalam cetakan kerucut terpancung (*cone*) secara bertahap, yaitu dalam tiga lapis. Setiap lapis dipadatkan dengan menusukkan sebatang besi tumpul berdiameter 1 cm sebanyak 25 kali, diikuti dengan menumbuknya sebanyak 25 kali menggunakan palu karet.

### III.6 Percetakan Benda Uji

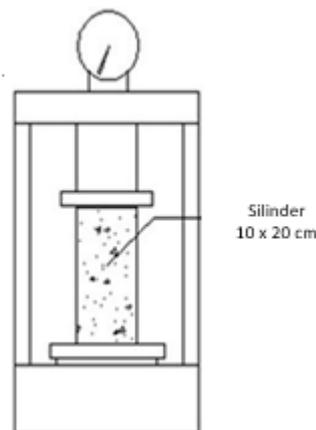
Tuangkan campuran beton yang telah diuji slump test ke dalam cetakan berbentuk silinder berukuran 10×20 cm. Sebelum mencetak, oleskan pelumas pada cetakan silinder untuk memudahkan pelepasan benda uji dari cetakan. Selanjutnya, ratakan permukaan atas cetakan beton untuk memudahkan saat pengujian, kemudian biarkan selama sekitar 24 jam (1 hari). Setelah Sampel di diamkan selama  $\pm 24$  jam, lepaskan sampel dari cetakannya setelah itu dilakukan perawatan dengan curing udara hingga mencapai umur 28 hari, dilakukan uji kuat tekan, kuat tarik belah dan uji modulus elastisitas pada umur 28hari.

### III.7 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton mengacu pada standar ASTM C39/C39M-01 dengan menggunakan alat *compression test* kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji yang akan ditekan, kemudian bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel dengan menggunakan kain pelembab.
2. Timbang benda uji sebelum di tekan dan tentukan ukuran benda uji yang akan ditekan.
3. Letakkan benda uji pada mesin uji tekan secara *sentris*, sesuai dengan tempat tes kuat tekan beton, berada ditengah-tengah.
4. Nyalakan mesin kuat tekan beton dengan penambahan beban konstan berdasarkan 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik.
5. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah berapa beban maksimum yang di peroleh dari hasil pemeriksaan.
6. Timbang kembali benda uji yang sudah di tekan
7. Lalu ambil hasil rata-rata dari hasil pengujian kuat tekan beton, sesuai dengan umur beton tersebut.



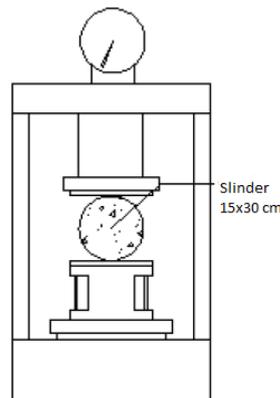
Gambar III. 1 Pengujian Kuat Tekan

### III.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Metode pengujian ini mencakup cara penentuan kuat tarik belah benda uji yang dicetak berbentuk silinder, dan pengujian dilaksanakan pada umur 28 hari, dengan menggunakan alat *compression test*.

Langkah – langkah pengujian kuat tarik belah beton sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji yang akan ditekan, kemudian bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel dengan menggunakan kain pelembab.
2. Timbang benda uji sebelum di tekan dan tentukan ukuran benda uji yang akan ditekan.
3. Letakkan benda uji pada mesin uji tekan secara *sentris*, sesuai dengan tempat tes kuat tekan beton, berada di tengah-tengah.
4. Nyalakan mesin kuat tekan beton dengan penambahan beban konstan berdasarkan 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik.
5. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah berapa beban maksimum yang di peroleh dari hasil pemeriksaan.
6. Timbang kembali benda uji yang sudah ditekan.
7. Lalu ambil hasil rata-rata dari hasil pengujian kuat tekan beton, sesuai dengan umur beton tersebut.



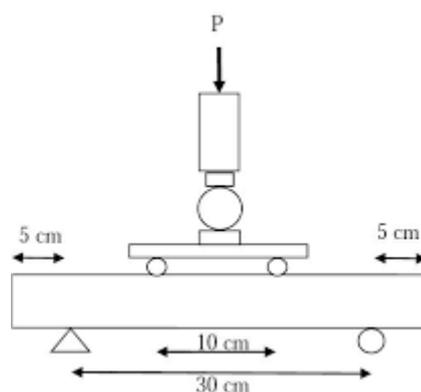
Gambar III. 2 Pengujian Kuat Tarik Belah

### III.9 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian balok dilakukan dengan, digunakan pembebanan yang bersifat monotonik, dengan kecepatan ramp actuator konstan sebesar 0,05 mm/dtk sampai balok runtuh. Pengujian lentur dilakukan untuk menentukan besarnya kekuatan lentur beton dengan benda uji 15 cm x 15 cm x 60 cm. Pembebanan dilakukan hingga 27 daerah tekan pada balok hancur dan telah mencapai beban maksimum. Besarnya beban maksimum P yang dicatat pada pengujian ini adalah beban pada saat benda uji patah. Selanjutnya digunakan untuk menentukan kuat lentur.

Langkah-langkah pengujian kuat lentur pada beton adalah sebagai berikut:

1. Siapkan benda uji dalam keadaan kering.
2. Tentukan panjang bentang pada balok pada posisi simetris memanjang dan mengatur posisi roda baja bagian bawah untuk meletakkan benda uji.
3. Balok diletakkan di kedua perletakan mesin uji lentur secara simetris dan diberi beban garis sejarak 1/3 bagian dari perletakan secara simetris.
4. Hidupkan mesin dan berikan beban secara tetap dan berkesinambungan tanpa ada beban kejut sampai terjadi keruntuhan.
5. Catat besar maksimum yang terjadi untuk perhitungan.



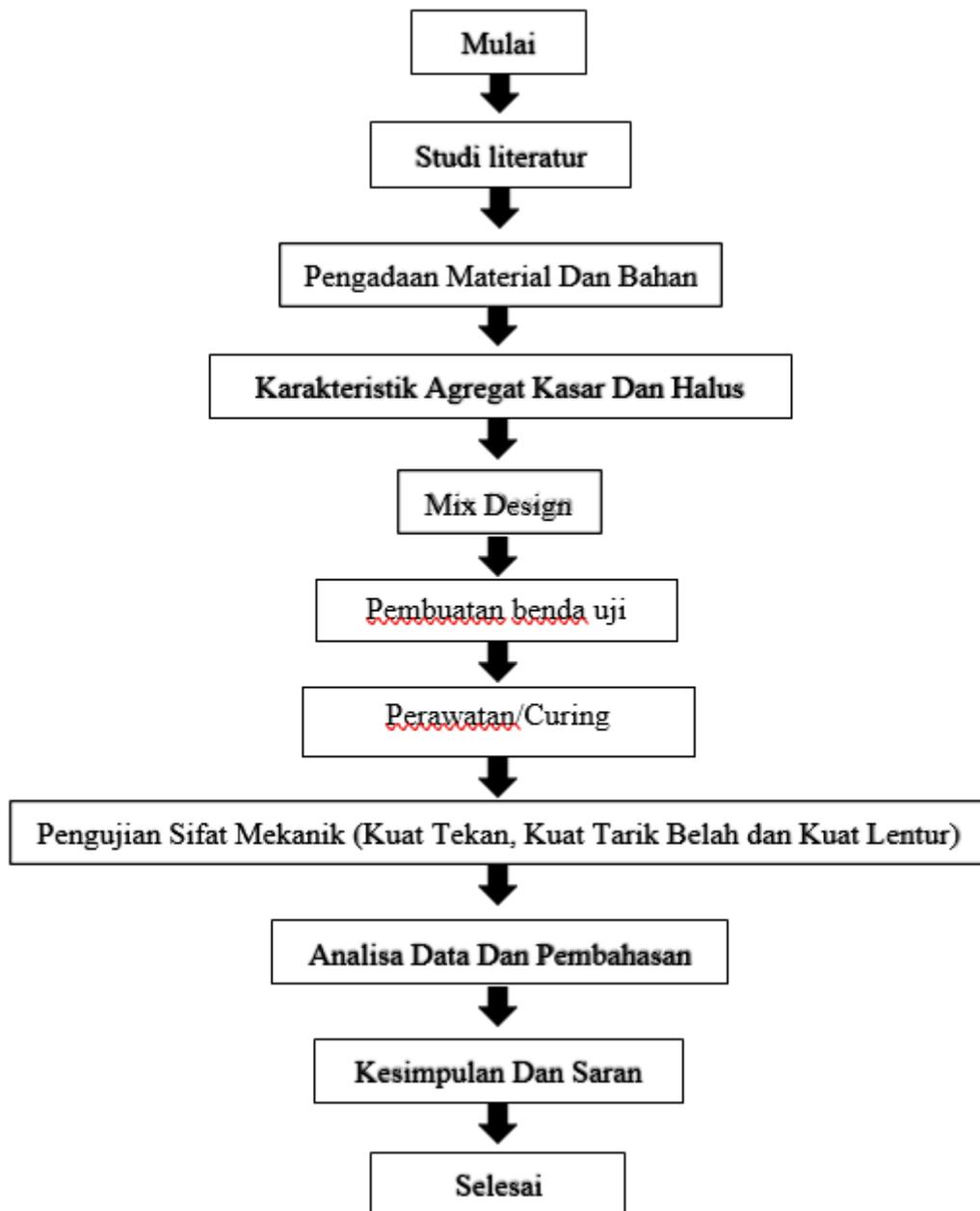
Gambar III. 3 Pengujian Kuat Lentur

### **III.10 Pengumpulan Data dan Analisa Data**

Metode pengumpulan data dilakukan pada laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar yang mencakup pengujian karakteristik bahan yang akan digunakan, proses pembuatan benda uji silinder dan balok. Analisa data untuk menentukan karekeristk bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI). Tujuan analisa karakteristik bahanbahan yang digunakan untuk mengetahui jika bahan tersebut memenuhi spesifikasi yang telah disyaratkan. Kemudian menganalisis perhitungan kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur yang didapatkan. Data-data yang telah diperoleh selanjutnya digunakan untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari tujuan dilakukan penelitian ini

### III.11 Diagram Alur Penelitian

Alur penelitian yang harus dilaksanakan di laboratorium dapat di lihat pada Gambar III.1



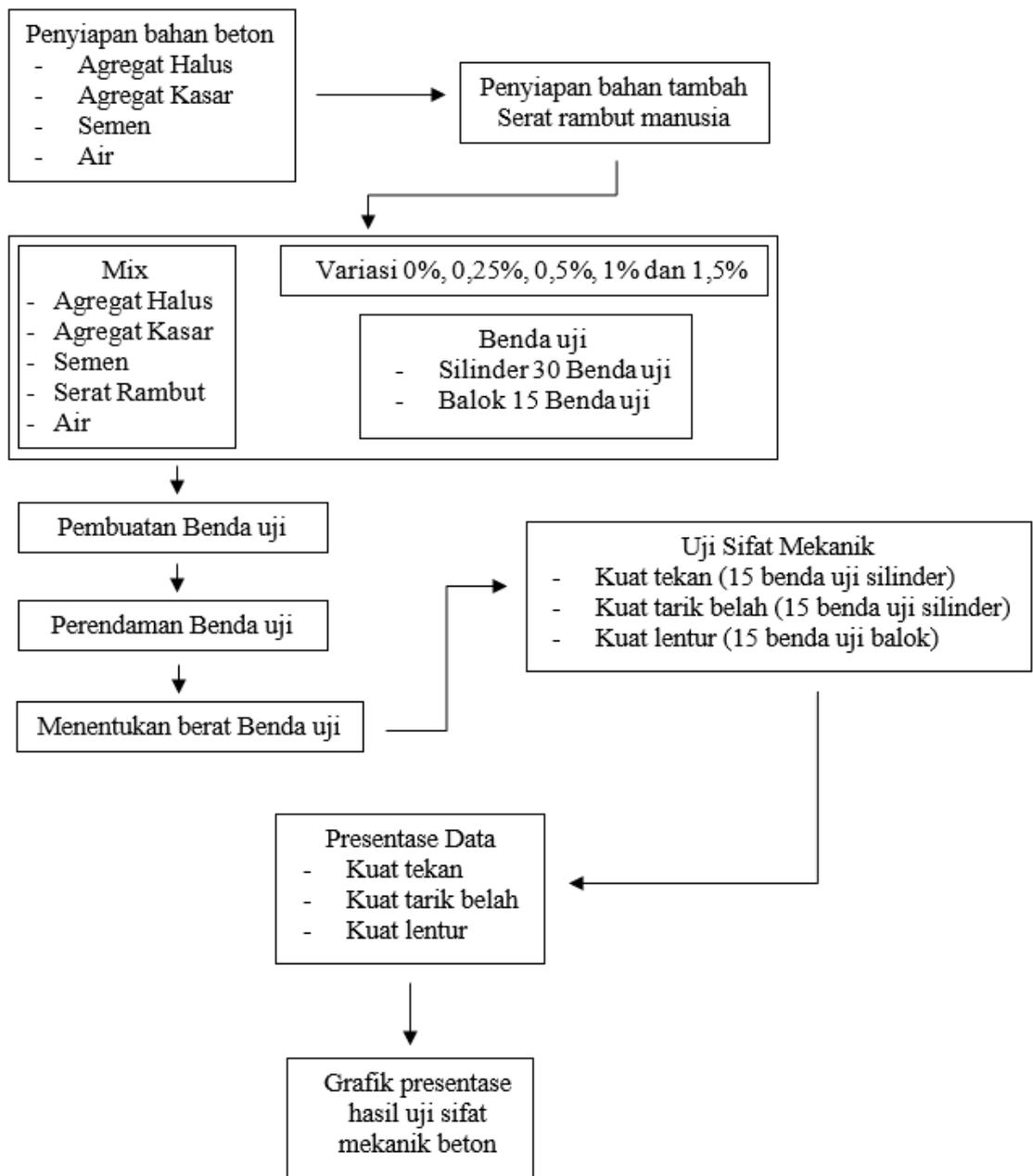
Gambar III. 4 Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik material beton bertujuan untuk mengetahui jenis agregat yang digunakan telah lolos spesifikasi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia, pada karakteristik material beton ini terdiri dari agregat halus dan agregat kasar.

#### IV.1 Karakteristik Material Beton



Gambar IV. 1 Metode Penelitian

#### IV.1.1 Agregat Halus

Material agregat halus yang digunakan berasal dari Takalar pengujian karakteristik material untuk agregat halus pada penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar, proses pengujiannya ini mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dapat dilihat pada Tabel IV.1

Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	4,89	0,2 – 5	Memenuhi
2	Kadar Air (%)	3,14	3 - 5	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,7083	1,4 - 1,9	Memenuhi
	b. Kondisi Padat (kg/ltr)	1,7520	1,4 - 1,9	Memenuhi
4	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata (gr)	2,72	1,60 - 3,30	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering (gr)	2,63	1,60 - 3,31	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan (gr)	2,66	1,60 - 3,32	Memenuhi
	d. Absorpsi (%)	1,26	0,2 - 2	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	3,00	2,3 - 3,1	Memenuhi
6	Kadar Organik	No.2	<No.3	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Agregat Halus, dapat disimpulkan bahwa agregat halus yang digunakan pada penelitian ini memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia), dapat disimpulkan bahwa agregat halus yang dipakai pada penelitian ini sesuai standar yang telah ditentukan.

#### IV.1.2 Agregat Kasar

Material agregat kasar yang digunakan berasal dari daerah Bili-bili Kabupaten Gowa. Pengujiannya mengacu pada SNI (standar Nasional Indonesia). Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel IV.2

Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Kasar	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	0,4	Maks 1	Memenuhi
2	Kadar Air (%)	1,33	0,5-2	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,672	1,6 - 1,9	Memenuhi
	b. Kondisi Padat (kg/ltr)	1,702	1,6 - 1,9	Memenuhi
4	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata (gr)	2,68	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering (gr)	2,49	1,60 - 3,34	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan (gr)	2,56	1,60 - 3,35	Memenuhi
	d. Absorpsi (%)	2,875	Maks 4	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	6,63	6 - 7,1	Memenuhi
6	Keausan (%)	40	Maks 50	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pada Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar, menunjukkan bahwa pengujian agregat kasar pada penelitian ini memenuhi SNI (Satandar Nasional Indonesia). Yang artinya agregat kasar tersebut dapat digunakan pada penelitian ini.

#### IV.2 Rancangan Campuran Beton

Pada rancangan campuran beton ini menggunakan metode SNI. Perancangan mutu beton pada penelitian ini yaitu  $F_c' 20$  Mpa. Adapun komposisi dari setiap material yang digunakan pada  $1 \text{ m}^3$  disajikan pada Table IV.3 campuran adukan beton.

Tabel IV. 3 Rancangan Campuran Beton (  $\text{kg/m}^3$  )

Bahan Beton	Berat Beton ( $\text{kg/m}^3$ )	Rasio Terhadap Jml Semen (kg)	Berat untuk 1 sampel (kg)
Air	209,400	0,350	0,401
Semen	600,000	1,000	1,148
Pasir	749,405	1,249	1,434
Kerikil	767,390	1,279	1,468

Sumber : Hasil Mix Design

### IV.3 Pengujian Slump Test

Hasil pengujian *Slump Test* yang di tunjukkan bahwa nilai *Slump* yang didapat pada pengujian masih dalam batasan yang di syartkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu berkisar antara 10 cm +/- 2 cm pada beton 0%, 0,25%, 0,5%, 1%, dan 1,5% penambahan rambut manusia pada beton normal.



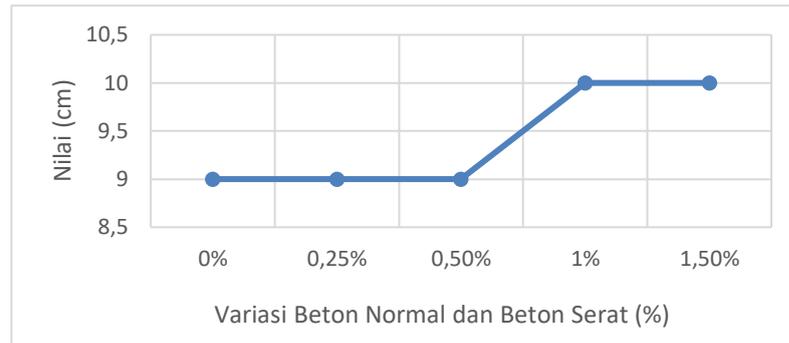
Gambar IV. 2 *Slump Test* Beton Serat Rambut Manusia

Dari hasil pemeriksaan *Slump Test* pada beton normal dan beton serat rambut manusia dapat dilihat pada Tabel IV.4. dari table dapat dilihat bahwa Penurunan tinggi nilai *Slump Test* pada varian 1% dan 1,5% penambahan rambut manusia diakibatkan pada rambut yang ditambah memiliki sifat yang mengikat agregat pada campuran beton yang mengakibatkan nilai *slump test* atau *workability* pada campuran beton menurun akan tetapi masih dalam batasan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan grafik nilai *Slump Test* terhadap variasi dapat dilihat pada Gambar IV. 2

Tabel IV. 4 Hasil Pemeriksaan *Slump Test* Beton Normal dan Beton Serat

Variasi Beton	Nilai Slump (cm)
0%	9
0,25%	9
0,5%	9
1%	10
1,5%	10

Sumber : Hasil *Slump Test*



Gambar IV. 3 Grafik Nilai *Slump Test* Terhadap Variasi Serat

#### IV.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah jumlah beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur akibat gaya tekan yang diberikan oleh alat uji kuat tekan beton. Kuat tekan beton ditentukan oleh rasio antara agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan jenis campuran beton. Selain itu, rasio air-semen juga merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm x 20 cm yang direndam dalam air tawar, menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) dapat dilihat Gambar IV.3 berikut. Adapun hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton perendaman air tawar dapat dilihat pada Tabel IV.5



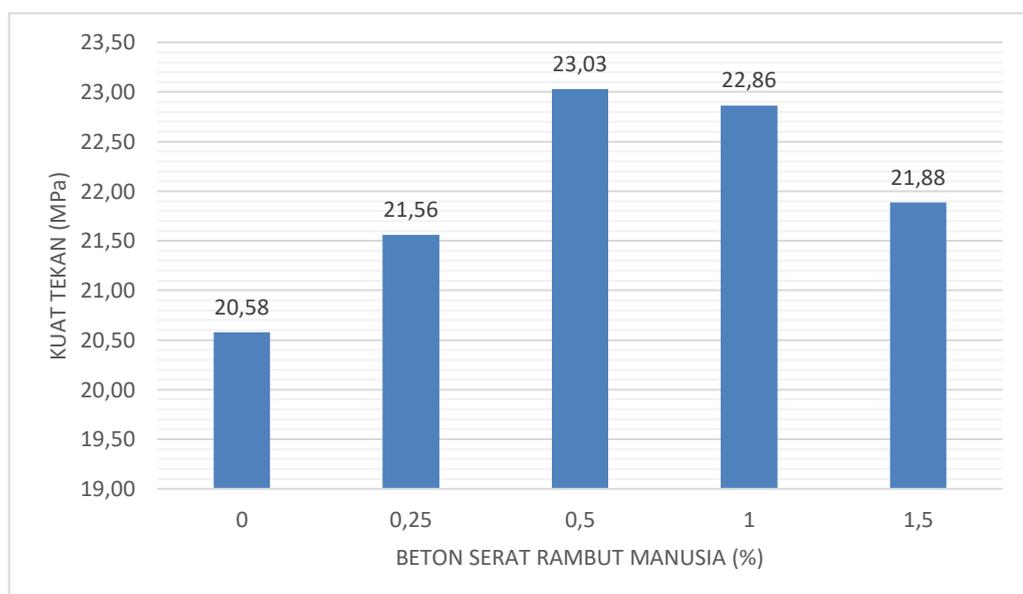
Gambar IV. 4 Pengujian Kuat Tekan Beton Serat Rambut Manusia

Tabel IV. 5 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan

Nama Sampel	Nomor Sampel	Berat (Kg)	Tinggi Silinder	Diameter	Luas	P Maks	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan (28)
			(cm)	(cm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(N/mm <sup>2</sup> )	28 Hari (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
0%	1	3670	20	10	7850	110	14,01	21,56	20,58
	2	3790	20	10	7850	105	13,38	20,58	
	3	3745	20	10	7850	100	12,74	19,60	
0,25%	1	3780	20	10	7850	120	15,29	23,52	21,56
	2	3800	20	10	7850	100	12,74	19,60	
	3	3795	20	10	7850	85	10,83	-	
0,5%	1	3555	20	10	7850	115	14,65	22,54	23,03
	2	3540	20	10	7850	120	15,29	23,52	
	3	3555	20	10	7850	80	10,19	-	
1%	1	3640	20	10	7850	120	15,29	23,52	22,86
	2	3595	20	10	7850	115	14,65	22,54	
	3	3655	20	10	7850	115	14,65	22,54	
1,5%	1	3405	20	10	7850	100	12,74	19,60	21,88
	2	3470	20	10	7850	115	14,65	22,54	
	3	3435	20	10	7850	120	15,29	23,52	

Sumber : Hasil Uji Kuat Tekan

Adapun hasil kuat tekan betoin yang telah di uji pada laboratorium dimana kuat tekan beton serat rambut manusia mulai dari 0% 20,58 MPa; 0,25% 21,56 MPa; 0,5% 23,03 MPa; 1% 22,86 MPa; 1,5% 21,88 MPa, Grafik hasil kuat tekan dapat dilihat pada Gambar IV.4



Gambar IV. 5 Grafik Hasil Penelitian Kuat Tekan Beton Serat Rambut Manusia

Dilihat dari Grafik hasil pengujian kuat tekan beton dapat disimpulkan bahwa pada beton 0% memiliki nilai rata-rata kuat tekan 20,58 MPa dimana nilai tersebut sesuai dengan perencanaan mix desain, dan terjadi penurunan kuat tekan yang tidak terlalu signifikan pada variasi 0,25% yang memiliki nilai rata-rata 21,56 MPa, lalu terjadi peningkatan kuat tekan pada variasi 0,5% dengan nilai rata-rata 23,03 MPa, pada beton variasi 1% penambahan serat rambut manusia terjadi penurunan dengan nilai rata-rata 22,86 MPa berat semen 1.148 kg maka penambahan rambut manusia pada satu sampel benda uji silinder seberat 11mg , lalu pada beton pada variasi 1,5% terjadi penurunan nilai kuat tekan dengan rata-rata 21,88 MPa, Pada beton variasi 1% serat rambut manusia mendapat nilai kuat tekan tertinggi disbanding dengan variasi lainnya, disebabkan tambahan serat rambut pada beton yang bersifat mengikat dan memiliki keretakan yang berbeda dengan beton normal dapat dilihat pada Gambar IV. 5



Gambar IV. 6 Perbandingan Pola Retak Beton 0% dan Beton 1%

#### **IV.5 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

Pengujian kuat tarik belah memakai cetakan yang dipakai silinder 10 cm x 20 cm digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser komponen struktur, pengujian ini dilakukan dengan menggunakan jumlah sampel sebanyak 15 silinder dengan variasi serat rambut manusia yaitu 0%, 0,25%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dari berat semen dan tiap variasi terdapat 3 sampel untuk pengujian kuat tarik belah. Kuat tarik belah maksimum diperoleh Ketika silinder yang mendapatkan tekanan dari alat *Universal Testing Machine* (UTM) mengalami keretakan akibat menerima beban maksimum dapat dilihat pada Gambar IV.6, Adapun hasil pengujian rata-rata kuat tarik belah beton serat rambut manusia dengan perendaman

air tawar dapat dilihat pada Tabel IV.6.



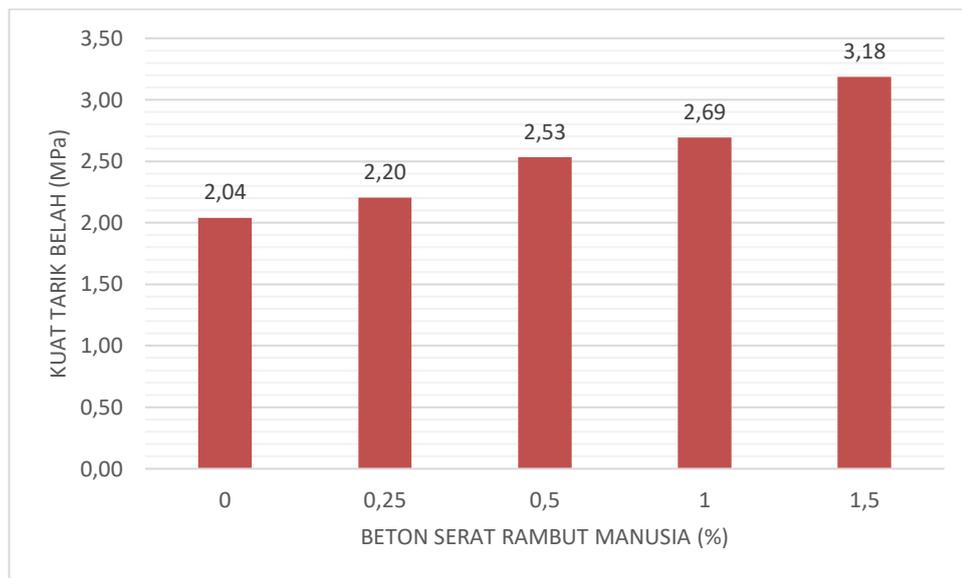
Gambar IV. 7 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Serat rambut manusia

Tabel IV. 6 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tarik Belah

Nama Sampel	Nomor Sampel	Berat	Tinggi Silinder	Diameter	Luas	P Maks	Kuat Tarik	Kuat Tarik	Kuat Tarik (28)
		(Kg)	(cm)	(cm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	Belah (N/mm <sup>2</sup> )	28 Hari (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
0%	1	3670	20	10	7850	40	1,27	1,96	2,04
	2	3790	20	10	7850	40	1,27	1,96	
	3	3745	20	10	7850	45	1,43	2,20	
0,25%	1	3780	20	10	7850	50	1,59	2,45	2,20
	2	3800	20	10	7850	40	1,27	1,96	
	3	3795	20	10	7850	45	1,43	2,20	
0,50%	1	3555	20	10	7850	50	1,59	2,45	2,53
	2	3540	20	10	7850	45	1,43	2,20	
	3	3555	20	10	7850	60	1,91	2,94	
1%	1	3640	20	10	7850	40	1,27	1,96	2,69
	2	3595	20	10	7850	60	1,91	2,94	
	3	3655	20	10	7850	65	2,07	3,18	
1,50%	1	3405	20	10	7850	75	2,39	3,67	3,18
	2	3470	20	10	7850	70	2,23	3,43	
	3	3435	20	10	7850	50	1,59	2,45	

Sumber : Hasil Uji Kuat Tarik Belah

Adapun hasil kuat tarik belah beton yang telah di uji pada laboratorium dimana kuat tarik belah beton serat rambut manusia mulai dari 0% 2,04 MPa; 0,25% 2,20 MPa; 0,5% 2,53 MPa; 1% 2,69 MPa; 1,5% 3,18 MPa, Grafik Hasil kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar IV.7.



Gambar IV. 8 Grafik Hasil Penelitian Kuat Tarik Belah Beton Serat Rambut manusia

Dilihat dari grafik hasil pengujian kuat tarik belah disimpulkan bahwa penambahan serat rambut manusia pada beton meningkatkan nilai kuat tarik belah beton dapat dilihat pada grafik perbandingan antara beton variasi 0% dengan beton variasi penambahan rambut manusia dimana nilai kuat tarik belah pada beton 0% 2,04 MPa dibanding beton dengan variasi 0,25% yaitu 2,20 MPa yang nilai kuat tarik belahnya selalu meningkat sampai beton variasi 1,5% yang nilainya 3,18 Mpa dan menjadi nilai kuat tarik belah tertinggi pada pengujian ini. Hal ini disebabkan adanya sifat rambut yang saling mengikat pada beton dan adapun perbedaan keretakan beton setelah pengujian dapat dilihat pada Gambar IV. 8 .



Gambar IV. 9 Perbandingan Pola Retak Beton 0% dan Beton 1,5%

#### IV.6 Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan menggunakan balok sederhana berukuran 15 x 15 x 60 cm dengan pembebanan dua titik. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan modulus keruntuhan balok beton. Selain itu, pengujian kuat lentur pada balok sederhana ini juga memberikan nilai gaya maksimum yang dapat ditanggung oleh balok sebelum mengalami keruntuhan, serta besarnya deformasi yang dialami balok saat pembebanan dilakukan menggunakan alat *Hydraulic Concrete Beam.*, dapat dilihat pada Gambar IV.9 . Pengujian kuat lentur ini dilakukan dengan jumlah sampel sebanyak 15 balok dengan variasi serat rambut manusia yaitu, 0%, 0,25%, 0,5%, 1%, dan 1,5% , Adapun hasil pengujian rata-rata kuat lentur beton serat rambut manusia dengan perendaman air tawar dapat dilihat pada Tabel IV.7.



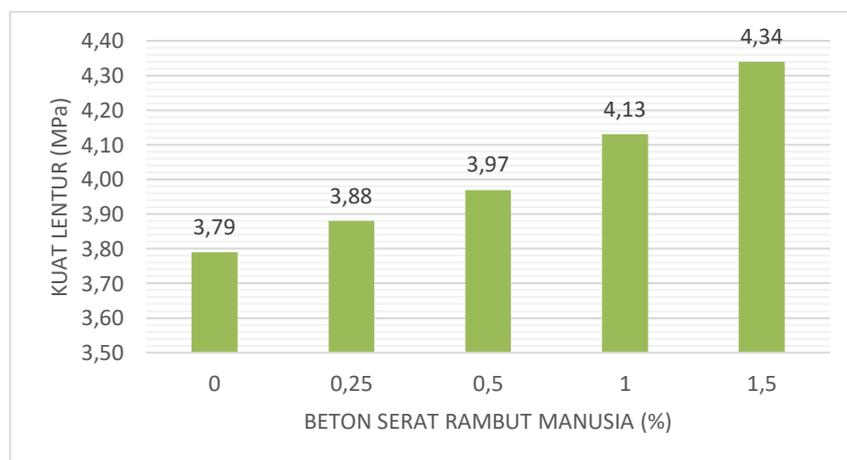
Gambar IV. 10 Pengujian Kuat Lentur Beton Serat Rambut Manusia

Tabel IV. 7 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Lentur

Nama Sampel	Nomor Sampel	Berat Sampel (Kg)	Panjang Bentang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Kuat Lentur		Kuat Lentur 28 Hari
						Beban (P) (KN)	(Mpa)	
0%	1	30890	600	150	150	13,30	2,364	3,79
	2	30915	600	150	150	14,80	2,631	
	3	31165	600	150	150	13,50	2,400	
Rata - Rata						13,87	2,465	
0,25%	1	31390	600	150	150	13,90	2,471	3,88
	2	30855	600	150	150	14,60	2,596	
	3	30790	600	150	150	14,10	2,507	
Rata - Rata						14,20	2,524	
0,50%	1	30660	600	150	150	14,60	2,596	3,97
	2	30785	600	150	150	14,50	2,578	
	3	30985	600	150	150	14,50	2,578	
Rata - Rata						14,53	2,584	
1%	1	30735	600	150	150	15,30	2,720	4,13
	2	30890	600	150	150	14,80	2,631	
	3	30965	600	150	150	15,30	2,720	
Rata - Rata						15,13	2,690	
1,5	1	30900	600	150	150	15,60	2,773	4,34
	2	30845	600	150	150	16,20	2,880	
	3	30960	600	150	150	15,80	2,809	
Rata - Rata						15,87	2,821	

Sumber : Hasil Uji Kuat Lentur

Adapun hasil kuat lentur beton yang telah di uji pada laboratorium dimana kuat lentur beton serat rambut manusia mulai dari 0% 3,79 Mpa; 0,25% 3,88 Mpa; 0,5% 3,97 Mpa; 1% 4,13 Mpa; 1,5% 3,34 Mpa, Grafik Hasil kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar IV.10.



Gambar IV. 11 Grafik Hasil Penelitian Kuat Lentur Beton Serat Rambut Manusia

Dilihat dari grafik hasil pengujian kuat lentur disimpulkan bahwa penambahan serat rambut manusia pada beton meningkatkan nilai kuat lentur beton dapat dilihat pada grafik perbandingan antara beton variasi 0% dengan beton variasi penambahan rambut manusia dimana nilai kuat tarik belah pada beton 0% 3,79 MPa dibanding beton dengan variasi 0,25% yaitu 3,88 MPa yang nilai kuat tarik belahnya selalu meningkat sampai beton variasi 1% yaitu 4,13 MPa dan 1,5% yang nilainya 4,34 MPa dan menjadi nilai kuat tarik belah tertinggi pada pengungjian ini. Hal ini disebabkan adanya sifat rambut yang saling mengikat pada beton dan adapun benda uji pengujian kuat lentur masing masing variasi dapat dilihat pada Gambar IV. 11.



Gambar IV. 12 Benda Uji Kuat Lentur Masing-Masing Variasi

#### IV.7 Perbandingan Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur

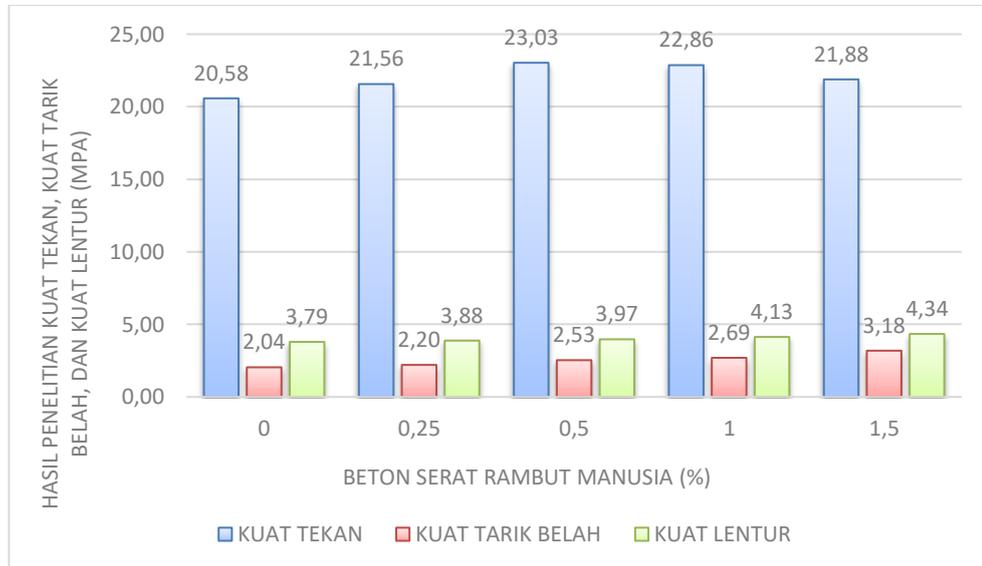
Pada Tabel IV.8 memperlihatkan nilai hasil perbandingan pengujian sifat Mekanik beton yaitu kuat tekan , kuat tarik belah, dan kuat lentur.

Tabel IV. 8 Hasil Perbandingan Uji Sifat Mekanik Beton

Nama Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Lentur (MPa)
0%	20,58	2,04	3,79
0,25%	21,56	2,20	3,88
0,5%	23,03	2,53	3,97
1%	22,86	2,69	4,13
1,5%	21,88	3,18	4,34

Sumber : Hasil Pengujian Sifat Mekanik Beton

Grafik perbandingan hasil pengujian sifat mekanik beton yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada beton dengan variasi serat rambut manusia 0%, 0,25%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dapat dilihat pada Gambar IV. 12.



Gambar IV. 13 Hasil Perbandingan Uji Mekanik Beton Serat Rambut Manusia

Dilihat dari grafik hasil perbandingan uji sifat mekanik beton serat rambut manusia yang mulai dari beton variasi 0% sampai dengan variasi 1,5% penambahan serat rambut manusia dimana nilai pengujian sifat mekanik beton variasi 0% memiliki nilai yang rendah dibanding dari pada variasi 0,25%, 0,5%, 1% sampai dengan 1,5% penambahan serat rambut manusia.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

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

Berdasarkan dengan data hasil pengujian yang diperoleh pada beton normal dan beton serat rambut manusia dengan analisa perendaman air tawar 28 hari, maka penelitian dapat menyimpulkan bahwa :

1. Hasil kuat tekan beton dengan variasi penambahan serat rambut manusia yaitu 0%, 0,25%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dari berat semen berturut turut sebesar 20,58 MPa; 21,56 MPa; 23,03 MPa; 22,86 MPa; dan 21,88 MPa; dimana nilai kuat tekan tertinggi pada betoin yang bervariasi 1% penambahan serat rambut manusia.
2. Hasil kuat tarik belah dengan penambahan serat rambut manusia pada beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada beton yang nilainya berturut turut mulai dari 0% 2,04 MPa; 0,25% 2,20 MPa; 0,5% 2,53 MPa; 1% 2,69 MPa, dan 1,5% 3,18 MPa, Nilai kuat tarik belah pada penambahan serat rambut manusia meningkat mulai dari 0% sampai variasi 1,5% penambahan serat rambut manusia dan menjadi nilai tertinggi pada pengujian kuat tarik belah.
3. Kuat lentur beton serat rambut manusia nilai kuat lentur tersebut terjadi peningkatan mulai dari variasi 0% sampai 1,5% dengan nilai berturut-turut 3,79 MPa; 3,88 MPa; 3,97 MPa; 4,13 MPa; 4,34 MPa dan dapat disimpulkan bahwa penambahan serat rambut manusia dapat mempengaruhi nilai kuat lentur pada beton.
4. Jumlah serat rambut manusia memiliki nilai optimal yaitu pada variasi 1% yang memiliki nilai kuat tekan 22,86 MPa, pada pengujian kuat tarik belah memiliki nilai 2,69 MPa lalu pada pengujian kuat lentur dengan nilai 4,13 MPa, dan pada, dilihat dari hasil kuat tekan beton variasi 1% termasuk dengan beton mutu sedang atau mutu beton K-275 dimana beton tersebut dapat di aplikasikan pada bangunan seperti plat rumah, pondasi rumah, dan bisa digunakan untuk struktur bangunan bertingkat dua.

## V.2 Saran

1. Perlu diperhatikan pada saat proses penambahan serat rambut manusia pada beton sebelum pengadukan campuran beton segar sehingga serat rambut manusia tidak menggumpal dan beton serat padat, beton pun tidak keropos pada saat pemadatan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan variasi serat rambut manusia yang lebih besar dari penambahan 1,5% dari berat semen dengan batas maksimal 5% agar dapat mengetahui kekuatan Tekan, tarik belah dan lentur maksimal beton serat rambut manusia.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi serat rambut manusia pada 0,5% sampai 1,5% untuk mengetahui kekuatan beton yang ideal.
4. Jika dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan serat rambut manusia perlu diperhatikan bahwa sebaiknya rambut yang digunakan terlebih dahulu untuk di cuci dengan air lalu dikeringkan sebelum di tambahkan pada campuran beton
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode perendaman air laut untuk mengetahui laju korosi terhadap beton

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajna Manaf, Adarsh M V, Dkk. (2017), *Human Hair Fibre Reinforced Concrete*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 6
- Asroni, A., (2010). *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- ASTM C33-78. "*Standard specification for concrete Aggregates*". *Annual books off ASTM standards, USA*.
- ASTM C39/C39M-01. *Standard test method for method for compresseive strength of cylindrical concrete specimens*.
- ASTM C496/C496M-11,2011. *Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimen*, Agustus 2011.
- ACI Committee 544. 1982. *State of the art report on fiber reinforced concrete - Report : ACI 544 IR-82*. Farmington Hills : American Concrete Institute.
- Bappenas. (2019). *Jumlah Penduduk Indonesia Menurut Kelompok Umur Dan Jenis Kelamin*, (di akses pada 23 Maret 2020)
- Dipohusodo, Istimawan. (1996). *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Kanisius. Jogjakarta.
- Dipshi Dan Nirbhay thakur. (2019), *A Study based on combination of coconut fibre and human hair mixed with concrete*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 06
- Dr.A.S.Kanagalakhmi, B.Indhuja, Dkk. (2021), *Study On Human Hair In Concrete As A Fiber Reinforcement*, Department Of Civil Engineering. Panimalar Engineeringcollege, Chennai, Volume 8
- Engr. Fawad Khan dan Dr. Khan Shahzada. (2018). *Mechanical Properties of Human Hair Concrete. International Journal of Advance Engineering and Research Development* Volume 5.
- Erniati & Tjaronge.M.W, 2016 *Mikrostruktur Self Compactin Concrete*, penerbit Leutika Prio, Yogyakarta.
- G.Sreevani, Smt. B. Ajitha. Dkk. (2017). *Human Hair as Fibre Reinforcement in Concrete. Department of structural engineering*, Department of Civil Engineering JNT University, Anantapur, India

- Gupta Jimmy dan Vandana. (2016). *Effects on Compressive Strength of Concrete by use of Natural Human Hair as Fibrous Material*. *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology* p-ISSN: 2349-8404; Volume 3.
- Ibrar Ahmad, Fayaz Ahmad, Dkk. (2016), *Compressive Strength Of Cement Mortar Blended With Coconut Fibers And Human Hair*, *Advances In Science, Technology And Engineering Systems Journal*, Vol. 1, No. 4,
- Makarizo. (2009) .Teknik Retouch Rebonding.  
(online)(<http://www.google.com/search?q=Teknik+Retouch+Rebonding&ie=utf-8&oe=utf-8&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a>)
- Mc Cormac, Jack C. (2001).”Desain Beton Bertulang-Edisi Kelima-Jilid 1”. Penerbit Erlangga:Jakarta
- Mudji Suhardiman. (2011). Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra, Volume 1.
- Mulyono, Tri. (2004). Teknologi Beton. Penerbit ANDI. Yogyakarta
- Narain Das Bheel, Sohail Ahmed Abbasi, Dkk. (2017), *Effect of Human Hair as Fibers in Cement Concrete*, International Conference on Sustainable Development in Civil Engineering, MUET, Pakistan
- S Kaleem A Zaidi, SM Talha, Dkk. (2018), *An Experimental Study on Human Hair Fiber Reinforced Concrete*, CES, University of Vermont Cancer Center, School of Engineering G B University, India,
- Shanker Lal Meghwar, Ghous Bux Khaskheli, Dkk. (2020), *Human Scalp Hair as Fiber Reinforcement in Cement Concrete*. *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, Vol. 39.
- Suwarno, Anung Dan Sudarmono. (2015). Kajian Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Campuran Agregat Beton. *Wahana Teknik Sipil* No. 1, Volume 20.
- SNI 03-2834-2000 Perencanaan campuran beton
- SNI 03-2847-2002 : Spesifikasi Persyaratan Air dalam pasal 5,4 ayat 1s/d 3, Badan Standarisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum, 2002.
- SNI 03-4431-1997. ”Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan”. Badan Standar Nasional.

T.Naveen Kumar, Komershetty Goutami, Dkk (2015), *An Experimental Study on Mechanical Properties of Human Hair Fibre Reinforced Concrete (M-40 Grade)*, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), Volume 12

Tjokrodimuljo, Kardiyono. (1996). *Teknologi Beton*. NAFIRI : Yogyakarta.  
Bonardo Pangaribuan, Holcim

Wasitaatmadja, (1997), *Penuntun Kosmetik Medik*, Universitas Indonesia, Jakarta.

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN A PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT HALUS



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR  
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : M. IQBAL  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Tgl. Pemeriksaan : 4 Agustus 2024

### Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Hasil Percobaan I

A = Volume Lumpur (VL) = 20 MI

B = Volume Total ( Lumpur + Pasir ) = 409 MI

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{VL}}{\text{VT}} \times 100\% = 4,89\%$$

Untuk kadar lumpur agregat halus adalah 4,89% memenuhi syarat dalam campuran beton

Makassar, 4 Agustus 2024  
Mengetahui,  
Koordinator Laboratorium Struktur dan Bahan  
Universitas Fajar

Dr. Erdawaty, ST.,MT





LABORATORIUM BETON DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR  
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : M. IQBAL  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Tgl. Pemeriksaan : 4 Agustus 2024

**Kadar Air Agregat Halus (Pasir)**

Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	Gram	81
B	Berat Talam + Benda Uji	Gram	2080
C	Berat benda Uji (B - A)	Gram	1999
D	Berat Benda Uji Kering	Gram	1938

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{1999 - 1938}{1938} \times 100\% \\ &= 3,14 \quad \% \end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian kadar air agregat halus adalah 3,14 % dimana memenuhi syarat campuran beton.

Makassar, 4 Agustus 2024  
Mengetahui,  
Koordinator Laboratorium Struktur dan Bahan  
Universitas Fajar

UNIFA  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Dr. Erdawaty, ST., MT





$$\begin{aligned} & \frac{3}{237} \times 100\% \\ & = 1.26 \quad \% \end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian berat jenis agregat halus semua memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar, 4 Agustus 2020  
Mengetahui,  
Koordinator Laboratorium Struktur dan Bahan  
Universitas Fajar



Dr. Erdawaty, ST., MT



Dikerjakan : M. IQBAL  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Tgl. Pemeriksaan : 4 Agustus 2024

**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, 4 Agustus 2024  
Mengetahui,  
Koordinator Laboratorium Struktur dan Bahan  
Universitas Fajar

UNIFA  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Dr. Erdawaty, ST.,MT

## LAMPIRAN B PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR  
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : M. IQBAL  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Tgl. Pemeriksaan : 5 Agustus 2024

### Berat Volume Agregat Kasar (Kerikil)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	3550	3550
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	5110	5085
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	1560	1535
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,702	1,672

Jadi hasil pengujian berat volume agregat kasar pada kondisi padat = 1,702 dan gembur = 1,672 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar, 4 Agustus 2024  
Mengetahui,  
Koordinator Laboratorium Struktur dan Bahan  
Universitas Fajar

Dr. Erdawaty, ST.,MT







Dikerjakan : M. IQBAL  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Tgl. Pemeriksaan : 5 Agustus 2024

### Kadar Lumpur Agregat Kasar (Kerikil)

Percobaan I

A = Berat Talam = 90 gram  
B = Berat Kering Sebelum Dicuci = 2500 gram  
C = Berat Kering Setelah Dicuci + Talam = 2580 gram  
D = Berat Kering Setelah Dicuci = 2490 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur} &= \frac{B - D}{B} \times 100\% \\ &= \frac{2500 - 2490}{2500} \times 100\% \\ &= \frac{10}{2500} \times 100\% \\ &= 0,4 \%\end{aligned}$$

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur kerikil adalah = 0,4 %  
memenuhi syarat dalam

campuran beton.

Makassar, 4 Agustus 2024  
Mengetahui,  
Koordinator Laboratorium Struktur dan Bahan  
Universitas Fajar

Dr. Erdawaty, ST., MT



$$= \frac{93}{3235} \times 100\%$$
$$= 2,875 \text{ Gram}$$

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

Makassar, 4 Agustus 2024  
Mengetahui,  
Koordinator Laboratorium Struktur dan Bahan  
Universitas Fajar



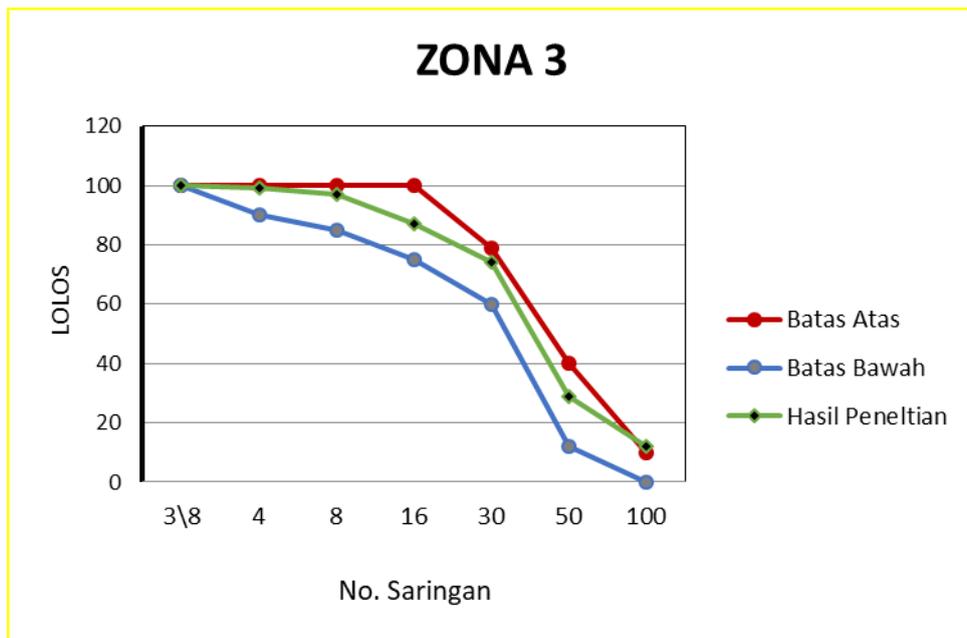
Dr. Erdawaty, ST.,MT



## LAMPIRAN C BATAS ZONA AGREGAT HALUS DAN AGREGAT KASAR

### 1. Agregat halus

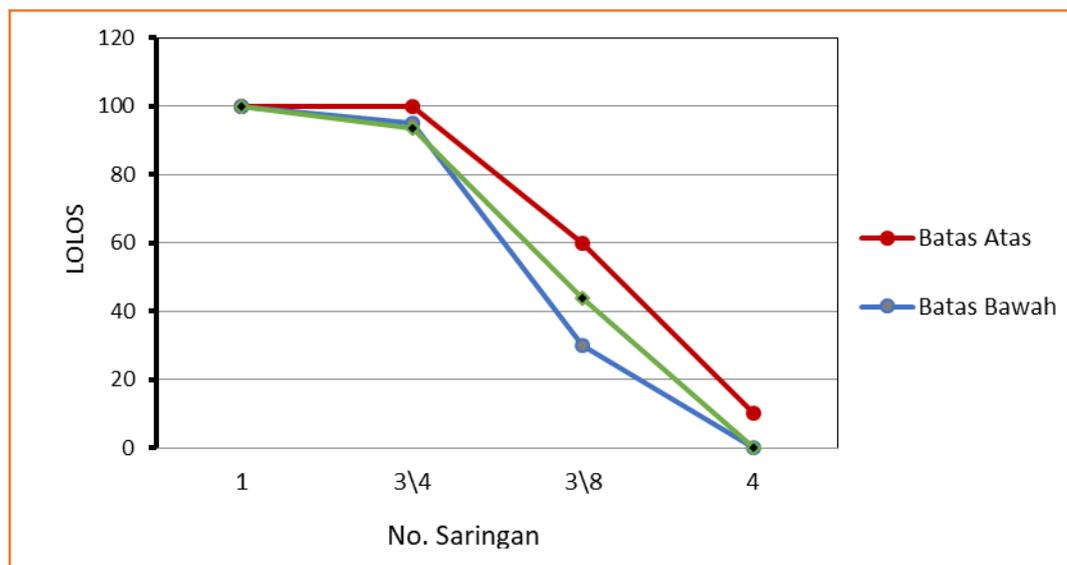
NOMOR SARINGAN	Hasil Peneltian	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
mm									
1									
3/4									
3/8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	99,00	90	100	90	100	90	100	95	100
8	97,00	60	95	75	100	85	100	95	100
16	87,00	30	70	55	90	75	100	90	100
30	74,00	15	34	35	59	60	79	80	100
50	29,00	5	20	8	30	12	40	15	50
100	12,00	0	10	0	10	0	10	0	15
pan	2,00								
Jumlah									



2. Agregat kasar

NOMOR SARINGAN	Hasil Peneltian	Ukuran max 10 mm		Ukuran max 20 mm		Ukuran max 40 mm	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
mm						100	100
1	100,00	100	100	100	100	95	100
3\4	93,67	100	100	95	100	35	70
3\8	43,67	50	85	30	60	10	40
4	0,00	0	10	0	10	0	5
8							
16							
30							
50							
100							
pan							
Jumlah							

**MAX 20 MM**



## LAMPIRAN D MIX DESIGN SILINDER

Rencana mutu beton	= 20 MPa
Ukuran maksimum agregat	= 20 mm
Berat jenis semen PCC	= 3,15
Berat jenis spesifik SSD pasir	= 2,0 gram
Berat jenis spesifik SSD kerikil	= 2,56 gram
Volume silinder ( 10 x 20 )	= 0,0016 m <sup>3</sup>
Faktor air semen	= 0,35

### 1. Penetapan kadar air bebas

Berdasarkan dengan nilai slump 10 cm dan ukuran maksimum agregat 20 mm, maka diperoleh :

- Kadar air bebas alami (Wf) = 195 kg/m<sup>3</sup> beton
- Kadar air bebas batu pecah (Wc) = 225 kg/m<sup>3</sup> beton
- Kadar air bebas =  $(\frac{2}{3} \times Wf) + (\frac{1}{3} \times Wc)$   
 $= \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$   
 $= 205.00 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$

### 2. Penetapan kadar semen

$$\begin{aligned} \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\ &= \frac{210.000}{0.35} \\ &= 600.00 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

### 3. Volume total agregat ( pasir dan kerikil )

$$\begin{aligned} \text{Volume total agregat} &= 1000 - \frac{600.00}{3.15} - 210 \\ &= 599,52 \end{aligned}$$

### 4. Volume masing-masing agregat

$$\text{Volume kerikil} = 50 \% \times 599,52 = 299,7619048$$

$$\text{Volume pasir} = 50 \% \times 599,52 = 299,7619048$$

### 5. Berat masing-masing agregat

$$\text{Berat pasir} = 299,76 \times 2,50 = 749,40 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Berat kerikil} = 299,76 \times 2,56 = 767,39 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Jumlah} = 1516,80 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

6. Hasil mix design SSD karakteristik agregat

Bahan Beton	Berat kg/m <sup>3</sup> Beton	Rasio Terhadap Jml Semen	Berat untuk 1 sampel (kg)
Air	209,400	0,350	0,401
Semen	600,000	1,000	1,148
Pasir	749,405	1,249	1,434
Kerikil	767,390	1,279	1,468

## LAMPIRAN E PERHITUNGAN PENGUJIAN

### 1. Pengujian Kuat Tekan

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (II.1)$$

Dimana :

$f_c'$  = Kuat tekan (Mpa)

P = Beban tekan (N)

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

$$f_c' = \frac{110}{7850} = 21,56$$

### 2. Pengujian Kuat Tarik Belah

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (II.2)$$

Dimana :

$f_{ct}$  = Kuat tarik belah (Mpa)

P = Beban pada waktu belah (N)

L = Panjang benda uji silinder (mm)

D = Diameter benda uji silinder (mm)

$$f_{ct} = \frac{2 \times 45}{3,14 \times 200 \times 100} = 2,04$$

### 3. Pengujian Kuat Lentur

$$\sigma_1 = \frac{P.l}{bh^2} \dots\dots\dots (II.2)$$

Dimana :

$\sigma_1$  = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji ( pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma)

l = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

$$\sigma_1 = \frac{13,30 \times 600}{33750} = 2,36$$

## LAMPIRAN F DOKUMENTASI PENELITIAN

### 1. Persiapan Bekisting



### 2. Pengecoran Beton Dan Penambahan Limbah Rambut Manu



### 3. Pengujian Slump



### 4. Sampel Benda Uji



## 5. Perendaman Benda Uji



## 6. Pengujian Kuat Tekan



## 7. Pengujian Kuat Tarik Belah



## 8. Pengujian Kuat Lentur

