

**STUDI PEMANFAATAN WIREMESH SEBAGAI TULANGAN  
BALOK BETON LIMBAH AGREGAT BETON PADA  
DAERAH LENTUR DAN TUMPUAN**

**TUGAS AKHIR**

**Karya Tulis Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Dari Universitas Fajar**

**Oleh :**

**SEMUEL JUANDA TOLAYUK**

**1920121045**



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

**STUDI PEMANFAATAN WIREMESH SEBAGAI TULANGAN  
BALOK BETON LIMBAH AGREGAT BETON PADA  
DAERAH LENTUR DAN TUMPUAN**

**Semuel Juanda Tolayuk**


**1920121045**

Menyetujui


Tim Pembimbing

Makassar, Tanggal 15 November 2023

Pembimbing I



  
**Andi Ibrahim Yanus, ST., MT**  
NIDN 0931127806

Pembimbing II

  
**Asri Mulya Setiawan, ST., MT**  
NIDN 0921148801

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Fajar

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

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil Universitas Fajar

  
  
**Fatmawati Rachim, ST., MT**  
NIDN: 0919117903

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

**“Studi Pemanfaatan Wiremesh Sebagai Tulangan Balok Beton Menggunakan Limbah Agregat Beton Pada Daerah Lentur Dan Tumpuan”** adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber telah ditulis sesuai dengan panduan penulis Ilmiah yang berlaku di Fakultas teknik Universitas Fajar.

Makassar, 15 November 2023

Yang Menyatakan



Semuel Juanda Tolayuk

1920121045

## ABSTRAK

### **Studi Pemanfaatan Wiremesh Sebagai Tulangan balok beton Menggunakan Agregat Limbah Pada Daerah Lentur Tumpuan, Samuel Juanda Tolayuk.**

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, sehingga wilayah Indonesia terletak di dalam cincin api (*ring of fire*) dan rentan terhadap gempa bumi. Oleh karena itu, terdapat beragam jenis penulangan beton yang digunakan tergantung pada kebutuhan beton yang akan dipakai. Dalam penelitian ini, *wiremesh* dan agregat limbah digunakan dalam komposisi beton untuk mempelajari pemanfaatannya pada daerah lentur dan tumpuan balok beton. Studi ini dilakukan dengan tujuan mencari solusi alternatif yang ramah lingkungan dalam penggunaan bahan konstruksi untuk meningkatkan performa struktural pada daerah lentur dan tumpuan balok beton. Pada setiap beton memiliki perkuatan lentur masing-masing baik dengan tulangan baja atau dengan tulangan jenis lain. Perkuatan *wiremesh* pada daerah lentur balok beton yang dimana *wiremesh* ini berbentuk kotak-kotak jaring yang terbuat dari logam atau baja, yang digunakan sebagai tulangan untuk memberikan kekuatan tarik pada balok beton tersebut. Pengujian dilakukan setelah perendaman selama 28 hari dimana benda uji balok berukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm. Hasil dari pengujian kuat lentur pada balok beton memiliki presentase peningkatan dan penurunan nilai kuat lentur. Adapun presentase peningkatan pada balok beton normal dengan nilai rata-rata kuat lentur senilai 2,97 MPa sedangkan pada balok beton normal dengan perkuatan *wiremesh* memiliki rata-rata kuat lentur sebesar 5,01 MPa. Dari perkuatan tersebut mengalami peningkatan 68,66% dari balok beton normal atau dapat diasumsikan nilai kuat lentur 5,01 MPa > 2,97 MPa. Kemudian untuk nilai kuat lentur rata-rata balok beton limbah variasi 100% sebesar 5,37 MPa. Presentase peningkatan pada balok beton limbah dengan dengan perkuatan *wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan terhadap balok beton normal perkuatan *wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan sebesar 7,21% dapat diasumsikan nilai kuat lentur 5,37 MPa > 5,01 MPa, peningkatan bisa terjadi disebabkan penggunaan limbah beton menjadi agregat kasar. Namun untuk rata-rata kuat lentur pada balok beton normal tanpa perkuatan *wiremesh* variasi limbah beton 0% dengan balok variasi limbah beton 100% yang diperkuat *wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan mengalami peningkatan sebesar 80,82% diasumsikan nilai kuat lentur 5,37 MPa > 2,97 MPa.

**Kata kunci:** *Balok, Beton, Lentur, Limbah, Perkuatan, Wiremesh*

## ABSTRACT

*Study of the Utilization of Wiremesh as Reinforcing Concrete Blocks Using Waste Aggregate in Support Flexural Areas, Samuel Juanda Tolayuk.* Indonesia is located at the confluence of three tectonic plates, namely the Indo-Australian, Eurasian and Pacific, so that Indonesia is located in the ring of fire and is prone to earthquakes. Therefore, there are various types of concrete reinforcement used depending on the required concrete to be used. In this study, wiremesh and waste aggregate were used in concrete compositions to study their utilization in the flexural and abutment areas of concrete beams. This study was conducted with the aim of finding alternative solutions that are environmentally friendly in the use of construction materials to improve structural performance in bending areas and concrete beam supports. Each concrete has its own flexural strength either with steel reinforcement or with other types of reinforcement. Wiremesh reinforcement in the flexural area of concrete beams where the wiremesh is in the form of grid boxes made of metal or steel, which are used as reinforcement to provide tensile strength to the concrete beams. Testing was carried out after immersion for 28 days where the test object was a beam measuring 15 cm x 15 cm x 60 cm. The results of the flexural strength test on concrete beams have a percentage increase and decrease in flexural strength values. The percentage increase in normal concrete beams with an average flexural strength value of 2.97 MPa while normal concrete beams with wiremesh reinforcement has an average flexural strength of 5.01 MPa. From this reinforcement experienced an increase of 68.66% from normal concrete beams or it can be assumed that the value of flexural strength is 5.01 MPa > 2.97 MPa. Then for the flexural strength value of the average waste concrete beam 100% variation of 5.37 MPa. The percentage increase in waste concrete beams with wiremesh reinforcement in the flexural area and abutments to wiremesh reinforced normal concrete beams in the flexural and support areas is 7.21%, it can be assumed that the flexural strength value is 5.37 MPa > 5.01 MPa, the increase can occur due to the use of waste concrete into coarse aggregate. However, for the average flexural strength of normal concrete beams without wiremesh reinforcement, the variation of 0% waste concrete varies with the variation of 100% waste concrete reinforced with wiremesh in the flexural and pedestal areas, which has increased by 80.82%, assuming a flexural strength value of 5.37 MPa > 2.97 Mpa.

**Keywords:** Beam, Concrete, Flexure, Waste, Reinforcement, Wiremesh

## KATA PENGANTAR

Salam sejahtera untuk semua, Segala Syukur dan Puji kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan kasih-Nya yang selalu dinyatakan sehingga penulis ini dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul “**Studi Pemanfaatan Wiremesh Sebagai Tulangan Balok Beton Menggunakan Limbah Agregat Beton Pada Daerah Lentur Dan Tumpuan**” yang menjadi salah satu persyaratan menyelesaikan studi Teknik Sipil Universitas Fajar.

Kegiatan penyusunan tugas akhir yang telah dilaksanakan penulis ini tidak terlepas dari dukungan dan motivasi oleh semua pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Kepada kedua orang tua dan saudara-saudara yang tak hentinya mendoakan dan memberikan nasehat, baik berupa materil maupun non materil.
2. Rektor Universitas Fajar, Bapak Mulyadi Hamid, SE., M.Si.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar, Ibu Prof. Dr. Ir. Erniati, ST.,MT.
4. Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar, Ibu Fatmawaty Rachim, ST.,MT.
5. Bapak Andi Ibrahim Yunus, ST.,MT. Selaku pembimbing I dan Bapak Asry Mulya Setiawan, ST.,MT. Selaku Pembimbing II. Terima kasih atas segala bantuan dan arahnya selama proses bimbingan.
6. Teman-teman jadeplant19 yang senantiasa mendukung.
7. Buat kekasih saya Mizpa yang selalu mendukung dan membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini
8. Teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2019 yang senantiasa mendukung.
9. Terakhir terima kasih pada diri sendiri karena tidak memutuskan untuk berhenti dan sudah berjuang sampai di titik ini. Tetap semangat dan bertahan melewati semua ujian ini sampai selesai dengan banyaknya tantangan dan pergumulan. Terima kasih telah beratahan .

Penulis sadar akan penulisan dan penyusunan tugas akhir ini tidak dapat dikatakan sempurna. Untuk itu penulis berharap menerima kritikan dan saran dari segala pihak untuk membantu menyempurnakan tugas akhir ini.

Demikian sepatah dua kata penulis, kiranya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi segala pihak. Terima Kasih.

Makassar, 14 September 2023

Semuel Juanda Tolayuk

1920121045

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
II.1 Pengertian Beton .....	5
II.1.1 Kelebihan Dan Kekuranga Beton .....	7
II.1.2 Sifat-Sifat Beton .....	8
II.2 Pengertian Balok .....	10
II.2.1 Ketentuan Balok .....	11
II.3 Wiremesh .....	12
II.3.1 Pengertian Wiremesh .....	12
II.3.2 Fungsi dan Kegunaan Wiremesh .....	14
II.3.3 Jenis-Jenis Wiremesh .....	15
II.3.4 Keunggulan Wiremesh .....	16
II.3.5 Karateristik Wiremesh .....	17
II.4 Material Penyusun Beton .....	17
II.4.1 Semen Portland .....	17
II.4.3 Agregat Kasar .....	19



II.4.4	Agregat Limbah Beton .....	20
II.4.5	Air .....	22
II.5	Slump Test.....	23
II.6	Kuat Lentur Balok Beton.....	24
II.7	Pola Retak.....	27
II.8	Tumpuan.....	29
II.9	Penelitian Terdahulu.....	30
BAB III.....		33
METODE PENELITIAN .....		33
III.1	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	33
III.2	Alat dan Bahan.....	33
III.2.1	Alat .....	33
III.2.2	Bahan.....	34
III.3	Pelaksanaan Penelitian.....	34
III.3.1	Desain Eksperimen.....	34
III.3.2	Tahap Susunan Penelitian.....	34
III.3.3	Pembuatan Benda Uji.....	36
III.3.4	Perawatan ( <i>curing</i> ) .....	37
III.4	Metode Pengumpulan Data.....	38
III.4.1	Sifat Mekanik Beton (Kuat Lentur).....	38
III.5	Teknik Analisa Data .....	39
III.6	Bagan Alur Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		41
IV.1	Komposisi Beton .....	41
IV.1.1	Pengujian Karakteristik.....	41
IV.1.2	Limbah Beton.....	42
IV.2	Mix Design .....	43
IV.3	Slump Test.....	44
IV.4	Pengujian Kuat Tekan .....	45
IV.5	Pengujian Kuat Lentur.....	47
IV.6	Pola Retak.....	50
IV.6.1	Pola Retak Balok Beton Normal (BN).....	50

IV.6.2	Pola Retak Balok Beton Normal <i>Wiremesh</i> (BNW) .....	52
IV.6.3	Pola Retak Balok Beton Limbah Wiremesh 100 % (BLW) .....	54
BAB V	PENUTUP .....	57
V.1	Kesimpulan .....	57
V.2	Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA	.....	58
LAMPIRAN	.....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Pembagian Kelas Mutu Beton .....	7
Tabel II. 2 Tabel perkuatan Wiremesh.....	12
Tabel II. 3 TYPE Wiremesh.....	15
Tabel II. 4 Karakteristik wiremesh.....	17
Tabel II. 5 Penetapan nilai slump untuk berbagai pengerjaan beton .....	24
Tabel III. 1 Jumlah benda uji balok beton.....	36
Tabel IV. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar .....	41
Tabel IV. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Limbah Beton .....	43
Tabel IV. 3 Mix design silinder beton untuk 1 benda uji yaitu $0.00157 \text{ m}^3$ .....	44
Tabel IV. 4 Mix desing balok beton untuk 1 benda uji yaitu $0.0135 \text{ m}^3$ .....	44
Tabel IV. 5 Nilai Slump Untuk Tiap Variasi Limbah Beton .....	45
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder Beton Normal (SN)46	
Tabel IV. 7 Kuat Lentur Hasil Kuat Lentur Benda Uji Balok Normal, Balok Beton Normal Wiremesh, Balok Limbah Wiremesh 100% .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Wiremesh (sumber dekorminimalis.com) .....	14
Gambar II. 2 Agregat limbah Beton (sumber: www.arstik.in) .....	21
Gambar II. 3 Kerucut Ambras (Sumber: dreamsipil.com).....	24
Gambar II. 4 Balok Sederhana Dengan Dua Titik Pembebanan.....	25
Gambar II. 5 Pengujian Kuat Lentur .....	26
Gambar II. 6 Retak Lentur Murni .....	28
Gambar II. 7 Retakan Geser .....	28
Gambar II. 8 Retakan Geser Lentur .....	28
Gambar III. 1 Sketsa bentuk dan ukuran benda uji .....	37
Gambar III. 2 Bagan Alur Penelitian .....	40
Gambar IV. 1 Pengujian Slump Text (Sumber : pengolahan data).....	45
Gambar IV. 2 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder Normal (SN).....	46
Gambar IV. 3 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji Balok Beton Normal.....	48
Gambar IV. 4 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji Balok Beton Normal Wiremes .....	49
Gambar IV. 5 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji Balok Beton Limbah Wiremesh 100% .....	49
Gambar IV. 6 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji Balok Beton Limbah Wiremesh 100% .....	50
Gambar IV. 7 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal 1.....	51
Gambar IV. 8 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal 2.....	51
Gambar IV. 9 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal 3.....	52
Gambar IV. 10 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal Wiremesh 1 .....	53
Gambar IV. 11 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal Wiremesh 2 .....	53
Gambar IV. 12 Pola Retak Benda Uji Balok beton Normal Wiremesh 3.....	54
Gambar IV. 13 Pola Retak Benda uji Balok Limbah Beton Wiremesh Variasi 100% 1 .....	55
Gambar IV. 14 Pola Retak Uji Balok Limbah Beton Wiremesh Variasi 100% 2	55
Gambar IV. 15 Pola Retak Benda Uji Balok Limbah Beton Wiremesh Variasi 100% 3 .....	56

## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>	14
BSI	<i>British Standard Institution</i>	16
Cm	Centimeter	3
Mm	Milimeter	4
Kg	Kilo Gram	6
FAS	Faktor Air Semen	10
SCC	<i>Self Compacting Concrete</i>	23
SNI	Standar Nasional Indonesia	3
UK	<i>United Kingdom</i>	16
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>	41
Simbol		
$f'_c$	Kuat tekan beton sampel cilinder	3
MPa	Mega Pascal (N/mm <sup>2</sup> )	3
P	Beban maksimum (KN)	21
L	Jarak (bentang) antara 2 (dua) garis perletakan (mm)	21
$\sigma$	Kuat Lentur	21
a	Jarak rata-rata tampang lintang patah dan tumpuan luar terdekat (mm)	22
b	Lebar penampang lintang patah arah horizontal	45

BN	Beton Normal	17
BLW	Beton Limbah <i>Wiremesh</i>	17
BNW	Beton Normal <i>Wiremesh</i>	17
KN	Kilo Newton	21

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, sehingga wilayah Indonesia terletak di dalam cincin api (*ring of fire*) dan rentan terhadap gempa bumi. Dampak dari gempa bumi yang terjadi bukan hanya menyebabkan korban jiwa, tetapi juga merusak struktur bangunan. Karena tidak ada cara pasti untuk memprediksi kapan terjadinya gempa bumi, bangunan yang berada di wilayah yang rawan gempa harus didesain agar dapat bertahan terhadap guncangan.

Membuat struktur yang tangguh dan kokoh dari segala bentuk gangguan dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi penggunanya, sehingga dalam situasi darurat seperti bencana alam, kerugian dan bahaya dapat diminimalkan. Salah satunya bahan material yang diperlukan untuk menciptakan struktur yang bagus adalah beton, yang sering digunakan dalam proyek konstruksi karena memiliki kualitas yang baik dan biaya yang lebih terjangkau dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya.

Umumnya, komponen-komponen yang membentuk beton terdiri dari agregat halus, agregat kasar, serta semen. Meskipun beton memiliki kekuatan yang tinggi dalam menahan tekanan, namun rentan terhadap kerusakan akibat gaya tarik. Kerusakan pada balok beton biasanya terjadi karena adanya gaya lentur dan geser. Dipohusodo (1994) mengatakan bahwa kerusakan lentur pada balok beton dapat dikurangi dengan cara pemasangan tulangan tarik pada bagian yang cenderung getas, atau mudah retak pada saat mengalami tekanan tarik. Tanda-tanda kerusakan pada balok beton akibat gagal lentur biasanya dapat dikenali dari munculnya retakan tegak lurus pada bagian tengah.

sehingga menjadi alasan mengapa penulis memilih topik ini untuk diteliti. Penelitian ini berfokus pada penggunaan limbah sebagai salah satu

bahan dalam menciptakan komposisi beton. Tujuannya adalah untuk meminimalkan penggunaan bahan baku baru dan menerapkan manajemen limbah yang berkelanjutan. Penelitian ini mungkin didasarkan pada referensi literatur, penelitian terdahulu, atau kebutuhan aktual di industri konstruksi dan lingkungan. Salah satu inovasi dalam penelitian ini adalah penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar dalam komposisi beton. Limbah bekas atau sisa beton yang tidak terpakai lagi, baik dari gedung atau pengelupasan beton. Limbah beton tersebut dihancurkan dan digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam komposisi beton.

Dalam dunia konstruksi, penelitian ini memiliki dampak yang signifikan karena setiap kali beton dibuat atau balok beton digunakan, bahan baku alami selalu diperlukan. Tiap tahunnya, pengujian dan eksperimen benda uji beton menghasilkan sejumlah besar benda uji, yang akhirnya dibuang karena tidak terpakai lagi. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhatian yang lebih terhadap masalah ini.

Penelitian yang dilaksanakan, balok beton akan menggunakan tulangan dari *wiresmesh*, sedangkan agregat kasar balok beton diambil dari limbah beton yang telah dipecah-pecahkan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan manfaat praktis dengan mengoptimalkan penggunaan *wiremesh* sebagai tulangan pada balok beton. Dengan demikian, hasil eksperimen dari penelitian ini dapat diterapkan dalam praktik konstruksi sehari-hari untuk meningkatkan kekuatan dan kualitas bangunan, serta mengurangi penggunaan sumber daya alam.

*Wiremesh* atau kawat strimin digunakan pada beton fereseemen untuk menggantikan tulangan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kemungkinan munculnya retakan halus pada balok beton. Untuk memperkuat balok beton, *wiremesh* atau kawat strimin dipasang dengan melilitkan pada tulangan balok.

Dalam tugas akhir ini dan berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk memanfaatkan limbah beton sebagai agregat kasar dalam campuran beton,serta



menggunakan *wiremesh* sebagai tulangnya yang nantinya akan dibahas dalam penelitian tugas akhir ini dengan judul :“**Studi Pemanfaatan Wiremesh Sebagai Tulangan Balok Beton Menggunakan Limbah Agregat Beton Pada Daerah Lentur Dan Tumpuan**”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Berapa nilai kuat lentur balok dengan *wiremesh* sebagai tulangan pada daerah lentur dan tumpuan balok yang menggunakan agregat limbah beton.?
2. Bagaimana pola retak balok beton yang menggunakan *wiremesh* sebagai tulangan pada daerah lentur dan tumpuan.?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengetahui nilai kuat lentur balok dengan *wiremesh* sebagai tulangan pada daerah lentur dan tumpuan balok beton yang menggunakan agregat limbah beton.
2. Untuk mengetahui pola retak balok beton yang menggunakan *wiremesh* sebagai tulangan pada daerah lentur dan tumpuan.

## **1.4 Batasan Penelitian**

Agar tidak terjadi perluasan dan pembatasan penelitian ini, maka penulis memberikan batasan-batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan limbah beton dengan penambahan perkuatan *wiremesh* sebagai tulangan pada daerah lentur dan tumpuan.
2. Presentasi variasi limbah beton 0%, dan 100%.
3. Pengujian *slump test* pada benda uji
4. Benda uji berbentuk balok dengan ukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm, dan Panjang 60 cm untuk pengujian kuat lentur.
5. Perawatan benda uji dengan cara perendaman selama 28 hari.

6. Kuat tekan rencana  $f'c = 25 \text{ MPa}$  ( Beton Normal )
7. Parameter pengujian hanya pada kuat lentur.
8. Pengujian kuat lentur, dilakukan pada umur 28 hari.
9. Alat untuk pengujian kuat lentur menggunakan alat *Hydraulic concrete Beam*.
10. Menggunakan limbah beton yang ada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar.
11. *Wiremesh* yang digunakan berdiameter 3 mm dengan spasi 50 x 50 mm.
12. Ukuran butir (gradasi) limbah beton yang digunakan yaitu lolos saringan 3/4, dan tertahan di saringan 1/2, 3/8, atau 1-3 cm.
13. Tidak mengukur lebar retakan balok beton

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Bahan penyusun beton yang penting adalah agregat halus, agregat kasar, air, dan berbagai bahan tambahan dalam proporsi tertentu. Karena sifat komposit beton, kualitas bekisting memiliki dampak yang signifikan terhadap daya tahan material. Untuk menghasilkan beton dengan fitur khusus, seperti kemudahan pengerjaan, daya tahan, dan waktu pengerasan (M. Vricilia A., 2020), satu atau lebih bahan tambahan kadang-kadang dapat ditambahkan. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan untuk membuatnya.

Mix design, jenis mutu dan jumlah bahan komponen beton harus dihitung dalam perbandingan tertentu untuk mendapatkan mutu beton yang diinginkan. Tujuan perencanaan campuran beton adalah untuk mendapat beton yang terbaik, yaitu : kuat tekan tinggi, mudah dikerjakan mesin, tahan aus dan tahan lama, murah(ekonomis). Beton memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi kuat tariknya rendah. Kuat tekan beton mengacu pada kemampuan beton untuk menyerap gaya tekan per luas.

Menurut SNI-2847-2013 (2013), beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, air, dengan atau tanpa bahan tambahan, membentuk suatu massa padat. Beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus. Pasir alam atau pasir hasil industri pertambangan biasanya digunakan sebagai agregat halus, sedangkan batu alam atau batu hasil industri pertambangan biasanya digunakan sebagai agregat kasar. Campuran untuk komponen beton harus ditentukan dengan perhitungan agar diperoleh campuran yang mudah dikerjakan yang mencapai kuat tekan yang diinginkan setelah 28 hari pengerasan

Kekuatan tekan beton dapat digunakan untuk menilai kualitas struktur. Kualitas beton yang dibutuhkan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kekuatan struktur yang diinginkan. Kuat tekan beton diukur dengan menggunakan pengujian standar pada benda uji berbentuk silinder dengan dimensi tinggi 300

mm dan diameter 150 mm. Standar ASTM C39-86 adalah protokol pengujian yang sering digunakan. Berdasarkan besarnya tegangan tekan ( $f'_c$ ) yang terjadi pada umur 28 hari setelah beban tekan diterapkan selama percobaan, kekuatan tekan masing-masing benda uji diperkirakan. (Mulyono: 2004; Dipohusodo: 1996).

Mulyono (2006) berpendapat bahwa beton secara umum dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu :

- a. Beton kelas I, adalah beton untuk pekerjaan non-struktural yang tidak memerlukan keahlian khusus untuk melaksanakannya. Kontrol kualitas terbatas pada pemeriksaan ringan kualitas material. Sedangkan pengujian kekuatan tekan tidak diperlukan. Mutu kelas 1 ditunjuk dengan B0.
- b. Beton kelas II, yang dibuat untuk digunakan dalam konstruksi biasa. Implementasinya harus dilakukan dengan keterampilan yang diperlukan dan di bawah pengawasan profesional. Ada empat klasifikasi beton Kelas II: B1, K125, K175 dan K225. Pengujian kuat tekan tidak diperlukan untuk kontrol kualitas kelas B1, yang terbatas pada kontrol kualitas material. Berdasarkan temuan uji dari sampel uji, kuat tekan beton harus dipantau terus menerus untuk mutu K125 dan K175.
- c. Beton kelas III, adalah beton untuk pekerjaan sipil di atas K225. Pelaksanaanya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah bimbingan ahli. Di sini membutuhkan laboratorium beton yang lengkap dan dilayani oleh para ahli yang dapat terus mementau kualitas beton. Rincian kategori ini di tunjukkan pada Tabel II.1 dibawah ini :

**Tabel II. 1 Pembagian Kelas Mutu Beton**

Kelas	Mutu	$\sigma'$ bk (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'$ bm (kg/cm <sup>2</sup> )	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	Bo	-	-	Non Struktur		
II	B1	-	-	Struktur	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktur	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktur	Ketat	Kontinu
	K 225	225	300	Struktur	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktur	Ketat	Kontinu

### II.1.1 Kelebihan Dan Kekuranga Beton

Selain pengelompokan, beton juga memiliki kelebihan dan kekurangan. Di bawah ini adalah kelebihan dan kekurangan beton, yaitu :

Menurut (Tjokrodimuljo,2007) beton memiliki berapa kelebihan antara lain:

1. Harganya relatif lebih murah karena menggunakan bahan dasar yang biasanya mudah di dapat.
2. Termasuk bahan yang tahan lama, tahan aus, dan panas, antikarat atau ramah lingkungan, mengurangi biaya perawatan.
3. Ini memiliki kuat tekan yang cukup tinggi, yang jika di kombinasikan dengan baja tulangan tarik tinggi, membentuk struktur kesatuan, tegang, dan tekan, dimana struktur beton bertulang dapat diterapkan atau digunakan sebagai pondasi, kolom, balok, trotoar, landasan pacu, reservoir air, Pelabuhan, bendungan, jembatan,dan lain sebagainya.

4. Pekerjaan atau workability mudah karena beton mudah ditekan menjadi bentuk dan ukuran yang di inginkan. Cetakan beton dapat di gunakan berkali-kali, sehingga lebih ekonomis.

Meskipun beton memiliki beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut ( Tjokrodimuljo, 2007 ) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini :

1. Bahan dasar beton agregat halus dan kasar berbeda-beda menurut lokasinya, sehingga desain dan proses pembuatannya berbeda-beda.
2. Beton memiliki beberapa kelas kekuatan, sehingga dimensinya harus di sesuaikan harus di sesuaikan dengan komponen yang akan dibangun, sehingga dimensi dan pelaksanannya juga berbeda-beda.
3. Beton memiliki kuat tarik yang rendah, sehingga rapuh atau getas dan mudah retak. Oleh karena itu, perlu di sediakan cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja, dan lain-lain, sehingga memiliki kuat tarik yang tinggi.

### **II.1.2 Sifat-Sifat Beton**

Sifat-sifat beton terbagi dalam dua kategori yaitu beton segar dan beton keras (Wika, 2004):

1. Beton Segar
  - a. Kemudahan pekerjaan/Workability, umumnya dinyatakan dalam besaran nilai slump (cm) dan dipengaruhi oleh :
    - 1) Jumlah air yang dikonsumsi. Lebih banyak air membuat bekerja dengan beton lebih mudah.
    - 2) Penambahan semen. Air dan lebih banyak semen ditambahkan ke FAS.
    - 3) Setelah diperbaiki, beton dapat diatur.
    - 4) Grading campuran pasir dan kerikil
    - 5) Menggunakan kerikil sekasar mungkin
    - 6) Pemanfaatan butiran batu bulat

- b. Segregasi, kecenderungan material kasar untuk terpisah dari campuran beton, lebih dimungkinkan oleh:
  - 1) Campuran semen yang lebih ramping atau lebih ringan
  - 2) Menggunakan air yang berlebihan
  - 3) Semakin besar butiran kerikil yang digunakan
  - 4) Kombinasi yang kurang agregat halus atau kasar
  - 5) Ketinggian jatuh pengecoran beton terlalu tinggi
- c. Bleeding adalah kecenderungan air campuran naik di atas (terpisah dari) beton yang baru dipadatkan. Ini dapat dikurangi dengan:
  - 1) Tambahkan lebih banyak semen ke dalam campuran.
  - 2) Gunakan air sesedikit mungkin.
  - 3) Lebih banyak menggunakan pasir.
  - 4) Variasikan intensitas dan durasi vibrasi pemadatan sesuai dengan nilai slump campuran.

## 2. Beton Keras

- a. Sifat jangka pendek
  - 1) Kuat tekan, dipengaruhi oleh:
    - a) Evaluasi tingkat pemadatan dan air-semen
    - b) Jenis semen dan kualitasnya
    - c) Jenis agregat dan kekerasan permukaannya
    - d) Umur (umur sering menambah kekuatan).
    - e) Temperatur (kecepatan pengaturan naik seiring kenaikan temperatur)
    - f) Pemeliharaan
  - 2) Kuat Tarik

Ketika beton masih baru, kekuatan tariknya sekitar 1/18 dari kekuatan tekannya, dan meningkat menjadi 1/20 seiring berjalannya waktu. Dalam hal mencegah retakan yang disebabkan oleh variasi kadar air dan suhu, kekuatan tarik sangat penting.
  - 3) Kuat Geser

Pada kenyataannya, kuat geser selalu diikuti dengan kuat tekan dan tarik.

4) Kuat Lentur

Sebagai elemen lentur, balok memikul gaya dalam yang sebagian besar berupa momen lentur dan geser.

b. Sifat jangka panjang

1) Rangkak, adalah kenaikan deformasi (regangan) dari waktu ke waktu sebagai akibat dari beban konstan yang dipengaruhi oleh:

- a) Kekuatan. Ketika kekuatan tekan lebih tinggi, rangkak menjadi kurang efektif.
- b) Rasio campuran: Saat FAS menurun, rangkak juga menurun.
- c) Agregat. Saat agregat halus dan semen meningkat, rangkak juga meningkat.
- d) Umur. Umur beton mengurangi tingkat rangkak.

2) Susut, adalah berkurangan volume beton jika terjadi kehilangan kandungan uap air akibat penguapan, dipengaruhi oleh:

- a) Agregat. Memberikan perlindungan terhadap penyusutan pasta semen.
- b) Kadar air semen. Jika FAS lebih tinggi, efek penyusutan lebih kuat.

Ukuran komponen beton. Saat volume elemen beton bertambah, kecepatan dan jumlah penyusutan berkurang.

## **II.2 Pengertian Balok**

Balok berperan sebagai elemen struktur yang berfungsi untuk mengarahkan beban ke kolom. Balok merupakan bagian penting dari inti bangunan, bersama-sama dengan kolom dan pondasi. Fungsi balok juga mencakup menahan momen lentur dan geser dari beban horizontal sebagai unsur structural bangunan yang memanjang. Oleh karena itu, pengecoran balok harus dilakukan secara cermat, dimulai dari persiapan pemasangan tulangan hingga tahap perawatan. Jika pengecoran dilakukan secara tidak benar, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada balok, yang pada akhirnya akan menyebabkan hasil survei yang tidak sesuai



dengan rencana. Untuk mencegah kerusakan pada balok, diperlukan serangkaian tes kualitas beton seperti tes slump dan tes kuat beton yang dilakukan oleh departemen pengendalian mutu (Quality Control). (Satriadi, 2020)

### **II.2.1 Ketentuan Balok**

Menurut (SNI, 2002), sejenis struktur dikatakan balok jika memenuhi ketentuan-ketentuan berikut, yaitu:

- a. Bentang bersih sebuah balok harus dibagi dengan angka tidak kurang dari 50 untuk mendapatkan nilai minimum lebar badan
- b. Tulangan baja untuk balok harus dipakai minimum diameter 12 mm. Diusahakan terhindar dari pemasangan tulangan balok lebih dari 2 lapis, kecuali pada kondisi khusus.
- c. Untuk daerah tarik maksimal pada penampang, tulangan tarik harus didistribusikan secara merata.
- d. Jika sebuah balok memiliki ketinggian lebih 90 cm di bagian samping, maka perlu dipasang tulangan pada balok tersebut dengan luas minimum 10% dari luas tulangan pokok tarik. Untuk baja lunak dan sedang, diameter tulangan minimum yang diperlukan adalah 8 mm, sementara untuk baja keras, diameter minimum tulangan yang diperlukan adalah 6 mm.
- e. Sengkang harus dipasang pada balok. 30 cm adalah jarak sengkang maksimum. Jarak maksimum dua pertiga dari tinggi balok dipasang untuk ikatan silang yang digunakan untuk menahan tegangan geser. Untuk baja lunak dan sedang, sengkang harus memiliki diameter minimal 6 mm; untuk baja keras, harus memiliki diameter minimal 5 mm.
- f. Diperlukan pemasangan tulangan bawah pada daerah tumpuan balok dan pemasangan tulangan atas pada daerah lapangan balok.

## II.3 Wiremesh

### II.3.1 Pengertian Wiremesh

Wire mesh merupakan bahan yang relatif fleksibel sehingga dapat membentuk pola kekangan berbentuk persegi. Ketika wire mesh dipasang dengan jumlah lapisan tertentu dapat memberikan nilai daktilitas yang sangat tinggi dan dapat meningkatkan kekuatan geser kolom yang mendukung beban siklik. (ATIKA FAHIRA, 2022)

Untuk membuat wiremesh, yang merupakan jaringan kawat las berkualitas tinggi, setiap langkah proses dipantau dengan cermat, mulai dari pemilihan bahan melalui pemeriksaan menyeluruh, hingga pengelasan besi otomatis menggunakan mesin cangkih. Penggunaan wiremesh memiliki keuntungan mempercepat proses konstruksi, meningkatkan kualitas bangunan, dan menurunkan biaya karena biaya perkuatan terus meningkat.

Besi yang diproduksi dengan tegangan luluh tinggi yang disebut wiremesh terdiri dari dua lapis kabel baja yang saling silang secara tegak lurus. Tanpa kehilangan kekuatan dan luas penampang yang konstan, setiap titik silang secara otomatis dilas bersama untuk membuat penampang yang homogen. Jaring kawat tidak akan pernah menyusut, dan setiap pengaturan akan selalu berada di tempatnya yang semestinya, berkat jarak antar kabel yang konstan dan teratur. (Pamungkas A, 2021)

**Tabel II. 2** Tabel perkuatan *Wiremesh*

<b>Wire Mesh</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Actual Weight (gr/mm)</b>	<b>Kekuatan Tarik (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Batas Ulur (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Elongation (%)</b>
M4	4	15,45	min 490	min 400	min 8%
M5	4,7	21,33	min 490	min 400	min 8%
M5	4,5	19,55	min 490	min 400	min 8%
M6	5,7	31,37	min 490	min 400	min 8%

M6	5,5	29,2	min 490	min 400	min 8%
M7	6,7	43,34	min 490	min 400	min 8%
M7	6,5	40,79	min 490	min 400	min 8%
M8	7,7	57,24	min 490	min 400	min 8%
M8	7,5	54,31	min 490	min 400	min 8%

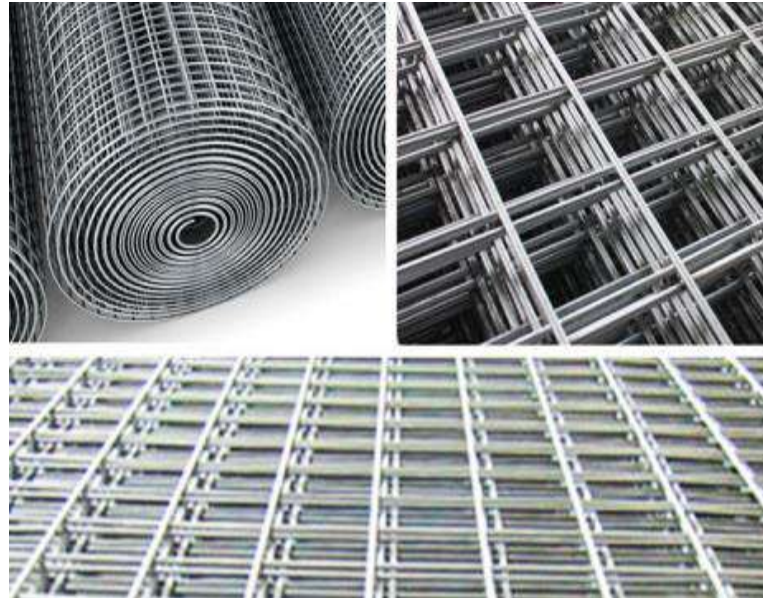
**Sambungan Tabel perkuatan wiremesh**

<b>Wire Mesh</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Actual Weight (gr/mm)</b>	<b>Kekuatan Tarik (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Batas Ulur (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Elongation (%)</b>
M9	8,7	73,07	min 490	min 400	min 8%
M9	8,5	69,75	min 490	min 400	min 8%
M10	9,7	90,84	min 490	min 400	min 8%
M10	9,5	87,13	min 490	min 400	min 8%
M11	10,7	110,53	min 490	min 400	min 8%
M11	10,5	106,44	min 490	min 400	min 8%
M12	11,7	132,16	min 490	min 400	min 8%
M12	11,5	127,68	min 490	min 400	min 8%

(Sumber: *PT.F & R Sinergi Indonesia 2011*)

Pada penelitian ini dapat diambil permasalahan dengan beberapa kategori yang membedakan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu. Pertama, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas biaya pelaksanaan pelat dengan membandingkan pelat yang menggunakan tulangan konvensional dengan tulangan *wiremesh*. Kedua, penelitian ini bertujuan untuk mencari waktu pelaksanaan yang tercepat antara pekerjaan pelat menggunakan tulangan biasa dan tulangan *wiresmesh*. Penelitian ini mengacu pada peraturan yang ada yaitu SNI 7394-2008. Tentang Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan dan Perumahan, 2008. Ketiga, manfaat penelitian ini adalah

untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan dalam pekerjaan pelat lantai menggunakan tulangan biasa dengan tulangan wiremesh mengetahui efektifitas pelaksanaan dari perbandingan menggunakan tulangan biasa dan tulangan *wiremesh*. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi terhadap pihak penyedia jasa konstruksi dalam melaksanakan pekerjaan pelat lantai menggunakan tulangan *wiremesh*. (Hence Michael wuatel, 2022)



Gambar II. 1 *Wiremesh* (sumber *dekorminimalis.com*)

### **II.3.2 Fungsi dan Kegunaan Wiremesh**

Ada beberapa fungsi dan kegunaan wiremesh dalam dunia konstruksi:

1. Untuk menutupi bangunan beton, wiremesh digunakan sebagai penguat saluran drainase beton pracetak seperti parit pracetak dan kotak gorong-gorong.
2. Digunakan untuk memperkuat beton hingga pelat lantai pada bangunan. Karena dapat menahan beban yang sangat besar, besi wiremesh sangat berguna bila digunakan pada konstruksi bertingkat.

3. Dapat digunakan untuk menopang beban berat yang bervariasi pada pelat beton yang berada di atas tanah karena dapat mengeraskan struktur tanah.
4. Karena kapasitas bebannya yang tinggi, wiremesh juga sering digunakan dalam pembangunan jalan tol hingga jalan tol.
5. Wiremesh juga digunakan untuk membuat lempengan beton gantung. Plafon beton gantung ini dapat digunakan untuk membangun gedung bertingkat atau untuk mengalirkan air hujan. (Admin, 2023)

### II.3.3 Jenis-Jenis Wiremesh

Ada beberapa jenis-jenis wiremesh :

1. Wiremesh lembaran, dengan ukuran 2,1 meter x 5,4 meter..
2. Wiremesh gulungan atau roll, dengan lebar 2,1 meter. Sedangkan panjangnya 54 meter

Diameter besi yang dibuat wiremesh atau yang dianyam ini tidaklah sama. Pemilihannya tergantung proyek apa yang sedang dikerjakan. Untuk proyek sederhana, bisa saja memakai kawat berdiameter kecil, sedangkan untuk proyek besar, maka kawat juga menyesuaikan dengan kebutuhan. (Tim Editoria Room.com, 2021)

**Tabel II. 3 TYPE Wiremesh**

TYPE WIREMESH	WIREMESH ROLL	WIREMESH LEMBARAN	SPASI MM
M5	150 X 150 M	5,4 X 2,1 M	5.00
M6	150 X 150 M	5,4 X 2,1 M	6.00
M7	150 X 150 M	5,4 X 2,1 M	7.00
M8	150 X 150 M	5,4 X 2,1 M	8.00
M9	150 X 150 M	5,4 X 2,1 M	9.00
M10	150 X 150 M	5,4 X 2,1 M	10.00

Umumnya, wiremesh dijual dengan ukuran diameter sebesar 4 mm hingga 12 mm, tapi sebagai standarnya biasanya dituliskan dan dibulatkan dalam ukuran 5 mm hingga 10 mm. Dalam penyebutan ukurannya, wiremesh sering disebut dengan menggunakan istilah “M”. Sebagai contoh apabila Anda menemui wiremesh dengan kode M10 maka besi tersebut memiliki diameter berukuran 10 mm.

Besi ini juga memiliki toleransi ukurannya tersendiri. Biasanya toleransi tersebut berkisar mulai dari 0.3 mm, 0.5 mm dan 0.7 mm. Sehingga apabila Anda membeli besi dengan spesifikasi M8 maka Anda bisa mendapatkan ukuran mulai dari 8.3 mm, 8.5 mm dan 8.7 mm.

#### **II.3.4 Keunggulan Wiremesh**

Di bawah ini adalah beberapa kelebihan atau keunggulan menggunakan besi wiremesh dalam konstruksi :

1. Proses pengerjaan pembesian tulangan beton dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat karena pengerjaannya bisa dilakukan hanya dengan menggelar wiremesh saja tanpa harus merakitnya lagi dari nol.
2. Mampu untuk meningkatkan kualitas dan ketepatan dalam tulangan beton yang sedang dibuat.
3. Karena tidak memerlukan perhatian khusus, maka proses pengawasan atau pemantauan dalam tindakan juga dapat lebih mudah dilakukan.
4. Karena strukturnya yang seperti gulungan dan kemudahan transportasi, wiremesh lebih mudah untuk dikirim. Berbeda dengan besi beton yang panjangnya bisa mencapai 12 meter dan membutuhkan truk besar.

5. Dari segi biaya akan jauh lebih terjangkau karena dengan wiremesh dapat mengurangi jumlah baja tulangan yang harus digunakan dalam beton.

### II.3.5 Karakteristik Wiremesh

**Tabel II. 4 Karakteristik wiremesh**

<b>DIAMETER</b>	<b>5 mm -10 mm</b>
Karakteristik tegangan leleh	5000 kg/cm <sup>2</sup>
Karakteristik tegangan geser kampuh las	2500 kg/cm <sup>2</sup>
Spasi standar	150 mm – 150 mm
Spasi khusus	100 mm x 100 mm x 100 mm x 200 mm
Ukuran lebar	540 cm – 210 cm
Ukuran roll atau gulungan	Meter lari x 210 cm

## II.4 Material Penyusun Beton

Semen, air, agregat kasar, dan agregat halus semuanya digabungkan untuk menciptakan bahan komposit yang dikenal sebagai beton. Karena kemudahan ketersediaannya di banyak daerah dan biaya yang relatif murah, beton merupakan salah satu bahan bangunan yang paling sering digunakan. Beton adalah bahan tahan lama yang kadang-kadang disebut tahan lama.

### II.4.1 Semen Portland

Semen adalah zat perekat yang menyatukan semua zat menjadi satu bagian padat. Namun, secara umum diakui bahwa salah satu kontributor utama pencemaran udara adalah teknik yang digunakan untuk membuat semen. Menurut perkiraan Wesseling dan Vooren (2016), produksi dan pengolahan beton akan menyumbang 8% dari karbon dioksida yang dilepaskan ke lingkungan pada tahun 2019. Menurut Danish et al. (2019), jika konkrit adalah sebuah bangsa, ia akan menempati peringkat ketiga di dunia untuk kontribusinya terhadap emisi karbon yang dilepaskan ke atmosfer. Tentu saja, untuk mengurangi karbon dioksida yang tercipta selama produksi beton, masalah ini membutuhkan jawaban dan ide.

Semen Portland adalah hasil industri dari bahan baku batu kapur dan lempung atau bahan pengganti lainnya yang diolah menjadi padatan berbentuk bubuk melalui proses pembakaran dan penggilingan, kemudian dikemas dalam kantong dengan berat rata-rata 40-50 kg. Semen dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu semen hidraulik dan semen nonhidraulik. Semen hidraulik mengeras setelah terjadi reaksi dengan air sedangkan semen non hidraulik merupakan semen yang tidak dapat mengeras bila terjadi reaksi dengan air.

Tujuan semen adalah untuk mengisi ruang antara butiran agregat dan mengikatnya menjadi satu untuk menghasilkan massa yang padat. Komoditas industri yang cukup rumit, semen hadir dalam berbagai campuran dan komposisi. Ada dua jenis semen: semen non-hidrolik dan semen hidrolik. Berbeda dengan semen hidrolik, semen non-hidrolik dapat mengikat dan mengeras di udara. Kapur adalah ilustrasi yang sangat baik dari semen non-hidrolik. Di dalam air, semen hidrolik dapat mengikat dan memadat. Kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozzolan, dan semen alumina adalah beberapa contoh semen hidrolik. Semen portland digambarkan sebagai semen hidrolik yang dibuat dengan menggiling klinker yang mengandung kalsium mill sebagai tambahan yang digiling bersama dengan bahan utama, menurut ASTM C-150, 1995. Standar uji bahan bangunan Indonesia dari tahun 1986 atau SII.0013 - 81 mana yang lebih dahulu harus dipenuhi agar semen portland dapat digunakan di Indonesia.

#### **II.4.2 Agregat Halus**

Butiran mineral keras penyusun agregat halus (pasir) yang digunakan sebagai komponen dalam formulasi campuran beton memiliki bentuk hampir bulat dan ukurannya berkisar antara 0,075 hingga 4,75 mm. Biasanya, butiran halus II diproduksi di tambang atau bersumber dari alam..

Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71), bahwa agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa pasir buatan



yang dihasilkan alat – alat pemecah batu.

- Agregat halus yang digunakan harus terdiri dari butir – butiran yang tajam, keras serta bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- Agregat halus tidak boleh mengandung bahan – bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abram – Harder (dengan larutan NaOH).
- Agregat halus harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut: - Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat. - Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat. - Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.

#### **II.4.3 Agregat Kasar**

Ayakan berlubang dengan ukuran mata jaring 4,8 mm (SII.0052, 1980), 4,75 mm (ASTM C33, 1982), atau 5,0 mm (BS.812, 1976) dianggap agregat kasar jika mengandung semua butiran. Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971 (PBI '71) menyatakan bahwa spesifikasi berikut harus dipenuhi untuk agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton:

- Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- Butiran yang keras dan tidak berpori harus membentuk agregat kasar. Saat menggunakan agregat kasar dengan butiran pipih, tidak boleh lebih dari 20% berat agregat yang terdiri dari butiran pipih. Butir agregat kasar harus abadi, yaitu tidak terpengaruh

oleh faktor lingkungan seperti hujan dan sinar matahari yang terik. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang reaktif alkali.
- Kekerasan dari butir – butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20T, dengan harus memenuhi syarat-syarat berikut : - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5 – 19 mm lebih dari 24% berat. - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22%. Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut : - Sisa diatas ayakan 31.5 mm harus 0% berat. - Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90 – 98% berat. - Selisih antara sisa – sisa kumulatif diatas 2 ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada 1/5 jarak terkecil antara bidang – bidang samping dari cekatan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas – berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara – cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang – sarang kerikil.

#### **II.4.4 Agregat Limbah Beton**

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran atas semen Portland, pasir, kerikil dan air. Beton daur ulang merupakan campuran yang diperoleh dari proses ulang material sejenis sebelumnya. Limbah beton bekas praktikum yang di pecah sesuai dengan nomor saringan agregat kasar.



Gambar II. 2 Agregat Limbah Beton (sumber: [www.arstik.in](http://www.arstik.in))

Agregat yang terbuat dari produk sampingan pabrik semen dan peralatan pemecah batu dikenal dengan agregat buatan. Ada banyak elemen mengenai agregat yang harus dipahami karena sangat penting untuk setiap proyek bangunan. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang lebih mendalam tentang agregat untuk menghasilkan konstruksi yang baik dan berkualitas (As'at Pujianro R., 2021). Batu pecah, kerikil, pasir, dan mineral lainnya, baik alam maupun buatan manusia, dalam jumlah besar atau kecil (pecahan), disebut sebagai agregat dan digunakan sebagai campuran atau pengisi beton. Untuk mengetahui apakah limbah beton dapat meningkatkan kuat tekan beton akan diteliti dalam penelitian ini sebagai bahan pengisi campuran beton. Sebagaimana diperoleh dari penelitian sebelumnya (dhir, 1998 dan Hansen, 1992). Pada penelitian yang dilakukan diperoleh hasil:

1. Gradasi

Bentuk dari tekstur serta diameter butiran agregat daur ulang sama dengan agregat alam. Hal ini dikarenakan ukuran butiran dapat diautr pada alat pemecahnya dan saringannya.

2. Kandungan mortar dan pasta semen yang mengeras, yang ada pada agregat daur ulang berkisar antara 20-35 % untuk agregat kasar dan untuk agregat halus kuran lebih 45-60 %. Kandungan mortar dan pasta

semen tersebut mengakibatkan kekerasannya merunun dan adanya pasta semen yang mengeras disekelilingnya agregat kasar juga mengakibatkan permukaannya lebih licin sehingga bisang temu pada material beton agregat daur ulang menjadi lebih banyak. Hal ini menunjukkan sifat yang berbeda dengan agregat alam dan akan berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton yang dibentuknya

### 3. Berat Jenis

Berat jenis agregat daur ulang lebih rendah dari agregat alam, yaitu 2100-2500 kg/m<sup>3</sup> untuk agregat daur ulang (Hansen,1992 ) sedangkan agregat alam mempunyai berat jenis 24 00-3000 kg/m<sup>3</sup> (Nevile, 1996).

#### **II.4.5 Air**

Untuk pembuatan beton, air merupakan komponen fundamental yang penting. Air diperlukan baik untuk reaksi semen dengan agregat maupun untuk melumasi butiran agregat selama pemadatan. Beton dengan kadar air rendah sulit dikerjakan karena tidak mudah mengalir, sedangkan beton dengan kadar air tinggi lemah dan keropos. Air yang digunakan dalam campuran harus murni dan bebas dari kontaminan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, bahan organik, atau bahan kimia lainnya. Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter. Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi yang harus tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan beton. Besi dan zat organis dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika

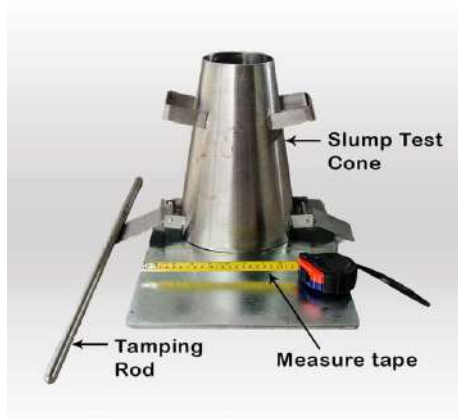
perawatan cukup lama.

## **II.5 Slump Test**

Slump Test adalah suatu metode pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi kekonsistenan adonan beton segar sebelum diaplikasikan.

Adapun fungsi dari slump test yaitu sebagai berikut:

1. Uji slump test digunakan untuk menguji tingkat kekentalan atau viskositas adonan beton segar. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa campuran beton segar yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang diperlukan dalam proyek konstruksi. Uji slump test juga dapat memberikan indikasi tentang kekuatan beton yang dihasilkan, karena beton yang memiliki slump yang lebih rendah cenderung memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, dengan menguji slump test, teknisi atau insinyur sipil dapat menentukan konsistensi optimal dari campuran beton untuk memastikan bahwa beton yang dihasilkan dapat mencapai kekuatan yang diinginkan.
2. Selain itu, uji slump test juga dapat membantu memastikan bahwa beton yang diproduksi di batching plant sesuai dengan rencana kerja dari sebuah bangunan yang dibangun. Hal ini karena tingkat slump yang diinginkan akan berbeda-beda tergantung pada jenis konstruksi dan persyaratan khusus dari setiap proyek. Oleh karena itu, dengan menguji slump test, teknisi atau insinyur sipil dapat menentukan konsistensi yang tepat dari campuran beton yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh proyek tersebut.



Gambar II. 3 Kerucut Ambras (Sumber: dreamsipil.com)

Penetapan nilai slump untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada Tabel II.5 dibawah ini:

**Tabel II. 5 Penetapan nilai slump untuk berbagai pengerjaan beton**

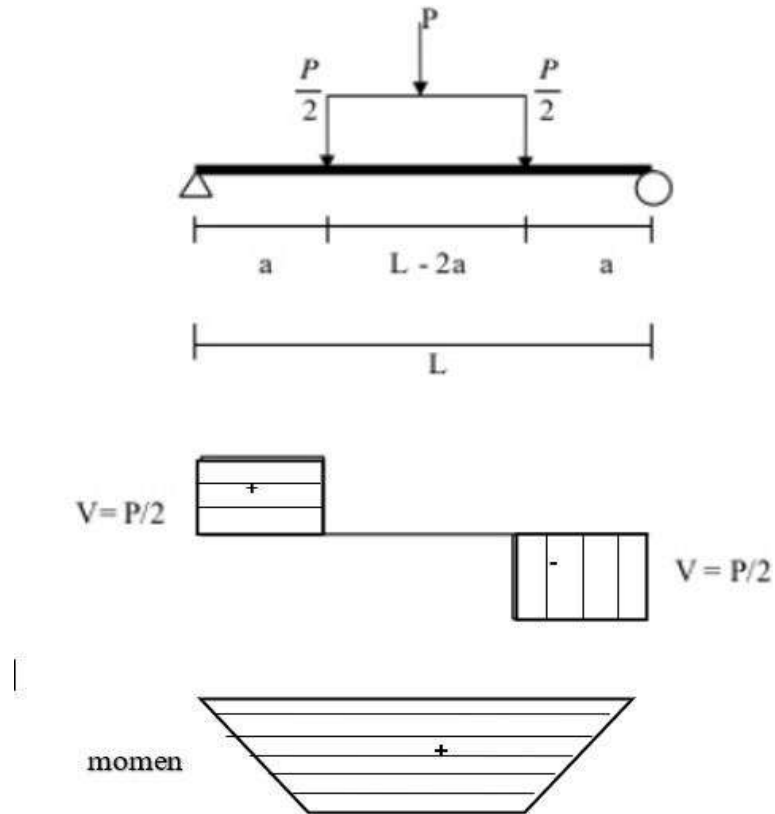
Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah tanah	9	2,5
Plat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Pekerasaan jalan	7,5	5
Pembetonan massal ( beton massa)	7,5	2,5

Sumber : ( PBBI N.I-2.1971).

## II.6 Kuat Lentur Balok Beton

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegah lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-2011). Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap

beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegang lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok. (Muh. Fausan Rahmadani A., 2015)



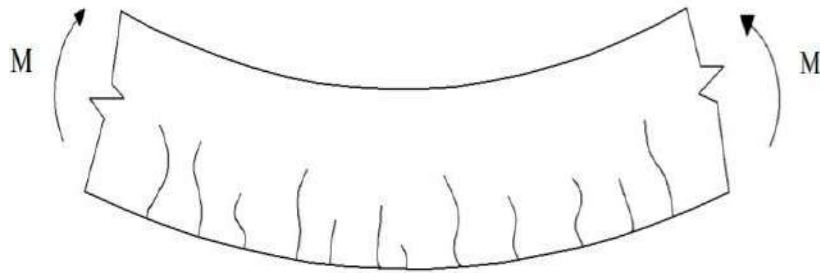
Gambar II. 4 Balok Sederhana Dengan Dua Titik Pembebanan

Sketsa pengujian kuat lentur dapat ditunjukkan seperti pada Gambar.



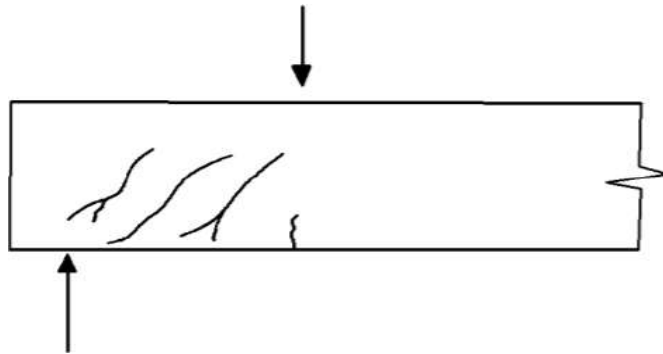






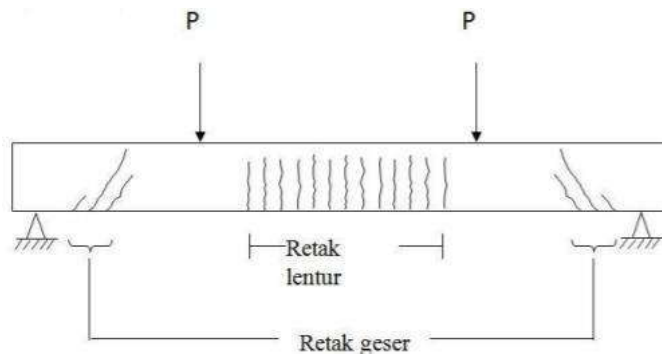
Gambar II. 6 Retak Lentur Murni

- b. Retak geser (shear crack), adalah retakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial kecil.



Gambar II. 7 Retakan Geser

- c. Retak geser lentur (flexural shear crack), ialah balok yang sudah mengalami retak lentur adalah perambatan retak diagonal dari retak lentur yang terjadi sebelumnya.



Gambar II. 8 Retakan Geser Lentur

## II.8 Tumpuan

Daerah tumpuan umumnya berjarak betang  $1/4$  dari jarak bentang ( $L$ ) yang terletak ditepi bentang, sedangkan  $1/2$  tulangan bentang sisanya berada di tengah bentang  $1/4 L$  adalah kode atau angka yang sangat sering dijumpai pada gambar struktur tulangan atau beton. Kebiasaan perancang struktur ini lambat laun membawa kebanyakan orang pada kesimpulan bahwa pemutusan tulangan telah menjadi suatu standar.

Pada dasarnya pemutusan daerah tumpuan dapat diakhiri dimana saja jumlah tulangan atau struktur tersebut masih mampu untuk menahan momen yang terjadi dan tulangan yang diputus harus disalurkan sedemikian rupa sehingga mampu menahan gaya yang tarik terutama yang terjadi pada besi tulangan. (Istimawan Dipohodo, 1996). Oleh karena itu, tidak diperbolehkan memutus semua tulangan, dan tulangan harus dipasang secara menerus disepanjang struktur, terutama untuk balok. Jumlah tulangan yang harus dipasang secara menerus sesuai dengan peraturan adalah sebesar  $1/3$  dari luas tulangan yang diperlukan dalam perhitungan. (Norma Fitriani, 2021)

Pada akhirnya, nilai yang dihasilkan dengan konsep ini dapat bernilai sama dengan  $1/3 L$ ,  $1/4 L + 20$ ,  $1/4 L$ , atau bahkan  $1/5 L$ . Tujuan dari pendekatan angka-angka tersebut adalah untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan. Untuk melakukan perhitungan jarak pemutusan tulangan, Langkah-langkahnya ialah dengan mengukur jarak momen nol terhadap tepi balok dan menambah jarak tertentu yang diperlukan untuk keperluan panjang penyaluran dan geser balok. Jarak yang ditambah harus sebesar tinggi efektif balok ( $d$ ) atau  $12 db$ . Perhitungan ini menggunakan software ETABS untuk menghitung struktur Gedung tersebut. Dengan mengambil sampel satu balok, kita perlu melihat grafik momen yang terjadi dasar atau representasi dari kebutuhan luas tulangan. Momen balok mencapai nilai maksimum di daerah lapang.

## II.9 Penelitian Terdahulu

### 1. M.Abdul Wahid, Mochamad Solikin, Sugiyanto,danAli Rofiq (2020)

**Judul Penelitian :** Tinjauan Kuat Lentur Dinding Panel Beton Berlubang Styrofoam Dengan Perkuatan Wiremesh Dan Campuran fly Ash.

**Metode Penelitian :** Penelitian ini akan dilaksanakan untuk menguji kuat tekan silinder dan kuat lentur pada panel beton styrofoam dengan campuran sebanyak 50% dan 60% sebagai pengganti sebagian agregat halus dan agregat kasar dengan dimensi 120x40x12 cm dan perkuatan tulangan wiremesh diameter 3,5 mm. Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

**Hasil Penelitian :** Penelitian ini bertujuan untuk menguji dinding panel beton berlubang styrofoam dengan perkuatan wiremesh diameter 3,5 mm dengan jarak antar tulangan 50 mm dan pemakaian campuran fly ash 50% dengan dinding yang digunakan berukuran 122 x 40 x 12 cm. Penggunaan styrofoam untuk dinding panel dengan variasi 50% dan 60% sebagai substitusi sebagian agregat kasar dan agregat halus dan untuk pemakaian fly ash 50% sebagai substitusi sebagian semen. Hasil penelitian panel beton styrofoam pada umur 90 hari dengan variasi styrofoam 50% dan 60% mengalami penurunan beban dan lendutan. Nilai yang diperoleh saat penambahan styrofoam 50% yaitu beban maksimum ditahan sebesar 7500 N dengan nilai lendutan sebesar 9,5 mm. Sedangkan pada styrofoam 60% beban maksimum yang dapat didapat sebesar 7400 N dengan lendutan sebesar 7 mm.

**Persamaan Penelitian :** Penggunaan Wiremesh

### 2. Norma Fitriani, 2021

**Judul Penelitian :** Pengaruh sabuk perkuatan wiremesh pada daerah tumpuan terhadap kekuatan lentur balok beton.

**Tujuan Penelitian :** Untuk Mengetahui Presentase peningkatan kekuatan lentur balok beton dengan perkuatan sabuk wiremesh pada daerah tumpuan.

**Hasil Penelitian :** perbandingan kuat lentur balok beton normal sebesar 3,507 MPa dan kuat lentur balok dengan perkuatan wiremesh sebesar 6,449 MPa. Presentase peningkatan kuat lentur balok beton terhadap perkuatan beton wiremesh sebesar 83,881 %. Penelitian ini juga menggunakan Wiremesh dan beton SCC.

**Persamaan Penelitian :** Penggunaan Wiremesh

### 3. Satriadi, 2020

**Judul Penelitian :** Perkuatan lentur balok beton Self Compacting Concrete (SCC) Yang Menggunakan Wiremesh Dengan Metode Jackting.

**Tujuan Penelitian :** Untuk mengetahui presentase peningkatan kuat lentur pada balok beton SCC yang menggunakan wiremesh dengan metode jackting.

**Hasil Penelitian :** Lapisan Wiremesh mampu meningkatkan kuat lentur balok sebesar 45,75 % jika dibandingkan dengan balok normal.

**Persamaan Penelitian :** Penggunaan Wiremesh

### 4. M. Kasmar Hendarmawan, 2020

**Judul Penelitian ;** Studi Perkuatan Balok Beton Self Compacting Concrete (SSC) Dengan Pemanfaatan Sabuk Wiremesh Sebagai Proteksi Pada Gagal Lentur

**Tujuan Penelitian :** Untuk Mengetahui kuat Lentur balok wiremesh pada gagal lentur dan untuk mengetahui nilai presentase peningkatan kuat lentur balok dengan perkuatan wiremesh.

**Hasil Penelitian :** Lentur yang dihasilkan dari balok wiremesh (BW) pada gagal lentur mencapai 5,39 MPa. Presentase rata-rata peningkatan pada balok wiremesh (BN) terhadap balok normal (BN) sebesar 50,58%.

**Persamaan Penelitian :** Penggunaan Wiremesh

### 5. Atika Fahira, 2020

**Judul Penelitian :** Studi Retrofit Wiremesh Diagonal Pada Balok Beton Yang Menggunakan Limbah Beton

**Tujuan Penelitian :** Untuk mengetahui nilai kuat lentur beton mutu tinggi yang menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar yang diperkuat dengan wiremesh menggunakan metode retrofit

**Hasil Penelltian :** Besar Presentase peningkatan kuat lentur balok normal terhadap balok limbah beton yang diperkuat wiremesh sebesar 4,027 %. Pola retak yang terjadi antara balok normal dan balok wiremesh yaitu keduanya mengalami pola retak lentur dimana retak yang terjadi tegak lurus terhadap sumbu memanjang.

**Persamaan penelitian :** Penggunaan Wiremesh dan Limbah Beton.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Fajar Makassar Jl. Prof Abdurrahman Basalamah (exRacing Center) No. 101, Karapuang, Panakkukang Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia. Waktu penelitian dilakukan selama kurang lebih dari 2 (dua) dimulai pada bulan Juli sampai dengan Agustus dari tahap persiapan sampai dengan proses pengujian.

#### **III.2 Alat dan Bahan**

##### **III.2.1 Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian balok beton yaitu:

1. Timbangan dengan kepekaan 0,1 gr dan 0,5 gr.
2. Oven (pengering agregat) dengan peraturan suhu ( $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ ).
3. Satu set saringan (ayakna) agregat dengan ukuran 3/4, 1/2, 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200, pan.
4. Mesin penggetar saringan agregat.
5. Mesin pencampur bahan beton (*mix concrete*).
6. Cetakan benda uji berupa balok berukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.
7. Alat pengujian *slump test* ( Kerucut Abrams ).
8. Mesin pengujian kuat tekan dan kuat lentur.
9. Bak air, sebagai wadah untuk merendam benda uji.
10. Alat bantu lainnya yang digunakan ialah :
  1. Talam, adalah alat yang dipergunakan untuk mengaduk campuran atau sebagai wadah yang dipakai dalam pengujian karakteristik agregat.
  2. Sekop Semen, adalah alat yang digunakan untuk mengaduk dan memasukkan adukan beton kedalam cetakan.
  3. Gelas ukur kapasitas 2000 ml dan kapasitas 50 ml, di gunakan sebagai penakar air.
  4. Mistar, adalah alat yang digunakan sebagai pengukur dalam pengujian slump beton.

5. Kuas, adalah alat untuk membersihkan sisa material yang ada pada peralatan.
6. Bak perendam, sebagai tempat perendaman beton.
7. Palu, adalah alat yang digunakan untuk menghancurkan limbah beton.
8. Stop watch, digunakan untuk mencatat waktu pengadukan.
9. Ember, sebagai alat untuk wadah tempat air dan sisa adukan.
10. Karung goni.

### **III.2.2 Bahan**

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Agergat kasar (Limbah Beton)
2. Agregat halus
3. Semen Protland
4. Air tawar
5. Wiremesh berdiameter 3 mm

### **III.3 Pelaksanaan Penelitian**

Sebagai peneliti ilmiah, Sehingga peneliti harus dilakukan dengan sistematis yang jelas dan terstruktur dan teratur sehingga dapat diperoleh sebuah hasil yang baik dan sesuai dengan yang diharapkan serta dapat dipertanggungjawabkan.

#### **III.3.1 Desain Eksperimen**

Pada penelitian ini benda uji yang dibuat berbentuk balok dengan lebar 15 cm, tinggi 15 cm, dan panjang 60 cm untuk pengujian kawat lentur, dengan susunan beton yang dibentuk dari material semen, air, pasir (agregat halus), limbah beton, (agregat kasar),

#### **III.3.2 Tahap Susunan Penelitian**

1. Tahap I (Studi Literatur)

Pada tahap ini dilakukan pencarian dari berbagai sumber yang tertulis, baik itu berupa jurnal, buku-buku, arsip, dan juga artikel yang dimana berhubungan dengan permasalahan yang akan dikaji. Informasi yang didapatkan dari studi literatur akan di jadikan sebuah rujukan untuk



memperkuat argumentasi yang akan diadakan dalam penelitian.

2. Tahap II (Tahap Persiapan)

Pada tahap ini dilakukan persiapan seluruh bahan dan alat yang dipergunakan. Pada tahap ini dilakukan pemecehan limbah beton yang akan dijadikan sebagai agregat kasar dan juga pembuatan cetakan benda uji dilakukan pada tahap ini agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

3. Tahap III (Tahap uji bahan)

Pada tahap pengujian dilakukan pada agregat, bahan penyusun beton, Guna untuk mengetahui apakah bahan tersebut memenuhi syarat atau tidak.

4. Tahap IV (Tahap Pembuatan *Mix Design*)

Pada fase ini, perencanaan dibuat untuk menghasilkan beton dengan menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar.

5. Tahap V (Tahap Pengujian *Slump*)

Pada tahap ini dilakukan pengujian *slump tes* yang berguna untuk dapat menentukan kekentalan adukan beton serta membuktikan hasil penentuan *slump* beton dalam pembuatan rancangan adukan beton.

6. Tahap VI ( Tahap pembuatan benda uji )

Pada fase ini akan dilakukan pembuatan benda uji sesuai dengan campuran (*mix design*) yang telah diperhitungkan. Maka dari itu yang akan dilakukan pada tahap ini ialah:

- 1) Dilakukan pengecoran kedalam cetakan berbentuk balok yang telah disiapkan yang dimana dalam cetakan telah dilapisi *wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan untuk perkuatan lentur balok.
- 2) Benda uji dapat dilepaskan dari cetakan setelah berumur 1 hari (24 jam)

7. Tahap VII (Tahap *curing* atau Perawatan Benda Uji)

Pada tahap ini benda uji akan melalui tahap perawatan yang bertujuan untuk mengetahui perkembangan dari sifat mekanik beton dalam hal kuat lentur. Perawatan dilakukan dengan perendaman benda uji dalam air tawar selama 28 hari sesuai dengan umur perendaman yang telah ditentukan.

8. Tahap VIII (Tahap Pengujian Benda Uji)

Pada tahap ini dilakukan pengujian balok yang telah dilapisi wiremesh dengan kombinasi pada daerah lentur dan tumpuan, pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat lentur pada umur 28 hari dengan alat *Hydrolik concrete bean*.

9. Tahap IX ( Tahap Analisis Data dan Pembahasan )

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data hasil pengujian kemudian melakukan perhitungan kuat lentur dengan penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar.

10. Tahap X (Kesimpulan)

Pada tahap ini akan dibuat kesimpulan dari hasil penelitian sesuai dengan data yang telah dihasilkan dan dikumpulkan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

### III.3.3 Pembuatan Benda Uji

Pada perencanaan pembuatan benda uji penelitian ini untuk proses *mix design* beton ekisting akan disesuaikan dengan SNI 03-4433-1997. Adapun bentuk benda uji yaitu berbentuk balok yang berukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm, dan panjang 60 cm. Dalam penelitian ini, benda uji yang akan dibuat adalah beton normal dan beton dari limbah beton sebagai agregatnya serta penggunaan wiremesh sebagai pengganti tulangan pada benda uji.

**Tabel III. 1 Jumlah benda uji balok beton**

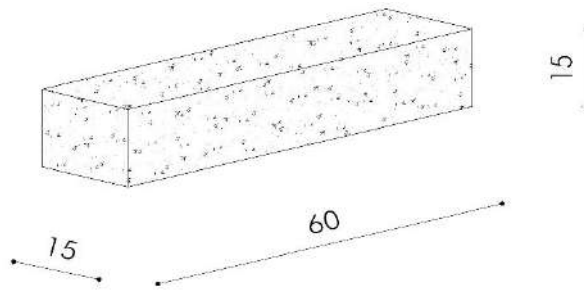
No	Lama Perendaman Air Tawar (Hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	28 Hari	BN <sub>0%</sub>	3
		BNW <sub>0%</sub>	3
		BLW <sub>100%</sub>	3
Jumlah Benda Uji			9

Keterangan :

BN: Beton Normal.

BNW: Beton Normal + *wiremesh*.

BWL: Beton Limbah + *wiremesh*.



Gambar III. 1 Sketsa bentuk dan ukuran benda uji

### 1. Pembuatan Benda Uji

Tahap-tahap pembuatan benda ialah sebagai berikut:

- a. Menimbang seluruh bahan yang akan digunakan sesuai ketentuan *mix design* yang telah dibuat sebelumnya.
- b. Menyiapkan molen kemudian menuangkan agregat kasar (limbah beton) dan agregat halus (pasir).
- c. Kemudian masuk semen sesuai dengan yang telah ditentukan.
- d. Setelah tercampur merata, masukkan air yang telah ditimbang atau diukur sesuai dengan perencanaan *mix design*.
- e. Setelah campuran merata, akan dilakukan uji slump untuk dapat mengetahui tingkat *workability* dari adukan campuran.
- f. Apabila nilai slump yang dihasilkan telah memenuhi syarat, campuran beton dapat dituangkan pada cetakan yang telah disediakan dan sebelum dituangkan pada cetakan telah dilapisi wiremesh pada daerah bawah balok (daerah lentur dan tumpuan) kemudian campuran dituangkan dan dipadatkan hingga merata.
- g. Mengulang Langkah yang ke 2 sampai pada langkah ke 7 untuk benda uji yang lain dengan jumlah sesuai yang telah ditentukan.
- h. Kemudian diamkan selama 1 hari (24 jam)
- i. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian masuk tahap perawatan (*curing*) dengan cara perendaman selama 28 hari.

### III.3.4 Perawatan (*curing*)

Perawatan beton berarti menjaga kelembapan permukaan beton sejak saat adukan beton dipadatkan hingga beton dianggap cukup keras, agar reaksi

hidrasi semen berjalan dengan sempurna dan menghindari retak pada beton serta menjaga mutu beton. Setelah beton selesai dibuat selama 24 jam, cetakan dibuka dan sampel beton direndam dengan air tawar hingga umur beton mencapai 28 hari. Sebelum direndam, sampel beton diberi tanda atau kode penamaan pada permukaannya. Pada umur 27 hari, beton dikeluarkan dari bak perendaman dan didiamkan selama 24 jam agar beton tidak dalam keadaan basah pada saat pengujian pada umur 28 hari.

### **III.4 Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar, diantaranya pengujian karakteristik bahan yang akan digunakan, proses pembuatan benda uji balok. Untuk pengujian kuat lentur pada balok dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar.

#### **III.4.1 Sifat Mekanik Beton (Kuat Lentur)**

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebuah data kuat lentur benda uji balok beton daur ulang dengan menggunakan persamaan II.2 dan persamaan II.3 sesuai dengan patahan.

Adapun langkah-langkah untuk menguji kuat lentur beton adalah sebagai berikut :

- a. Nyalakan mesin uji yang telah dipersiapkan sebelumnya kemudian tunggu selama 30 detik
- b. Letakkan benda uji pada tumpuan dan sesuaikan posisi benda uji sehingga siap untuk diuji.
- c. Atur pembebanan dengan baik agar tidak terjadi benturan.
- d. Sesuaikan katup pada posisi pembebanan dan kecepatan pembebanan pada posisi yang tepat agar jarum jam skala bergerak dengan lambat dengan kecepatan  $8 \text{ kg/cm}^2$  per menitnya.
- e. Turunkan kecepatan pembebanan pada saat benda uji mendekati patah, ditandai dengan gerakan jarum pada skala beban yang agak lambat untuk menghindari kejutan.

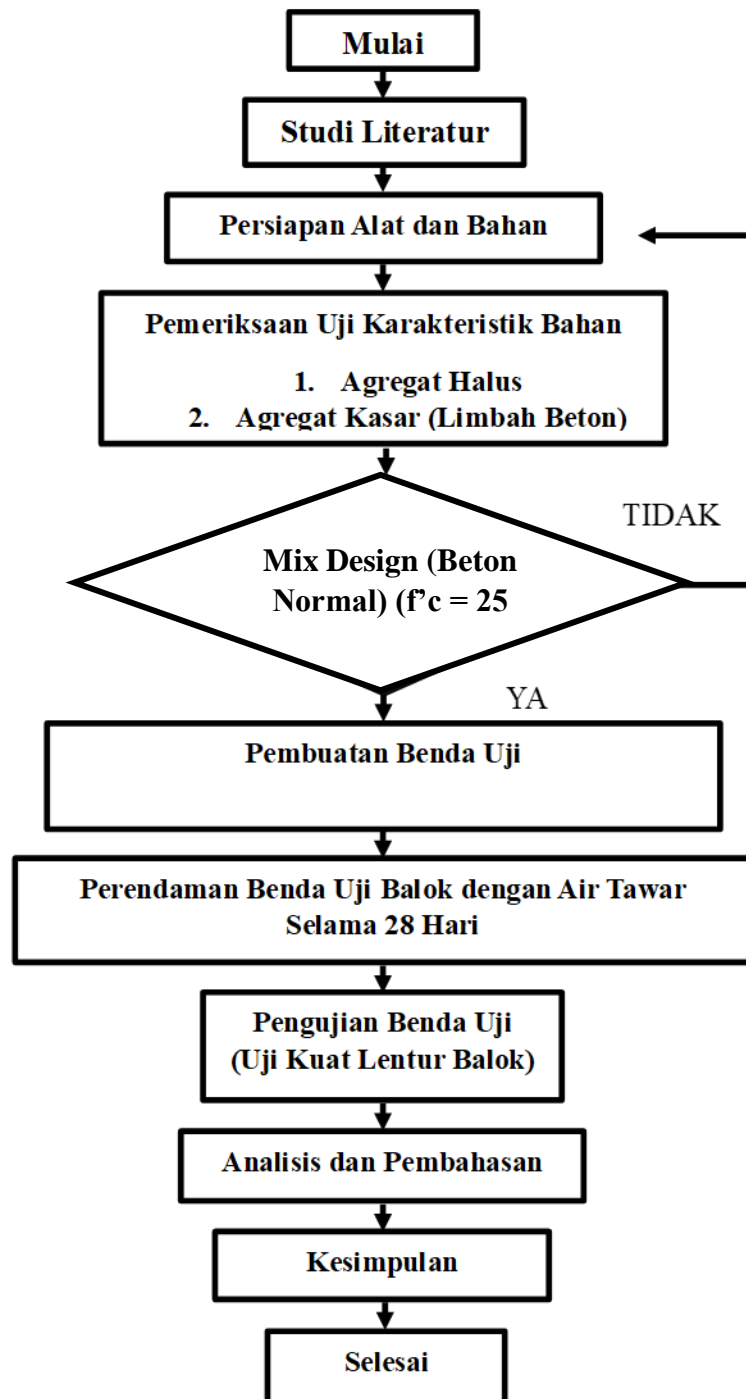
- f. Ambil benda uji yang telah selesai diuji dengan menurunkan plat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.
- g. Pada tampang lintang patah diukur dan dicatat lebar dan tingginya dengan ketelitian 0,25 mm minimal pada 3 tempat dan kemudian diambil nilai rata-ratanya.
- h. Ukur dan catat jarak antara tampang lintang dari tumpuan luar terdekat pada 4 tempat pada bagian tarik pada arah bentang dan ambil rata-ratanya.

### **III.5 Teknik Analisa Data**

Teknik analisa data pada penelitian yaitu analisis deskriptif, yaitu dengan memberikan gambaran data yang berbentuk analisis dan diperoleh dari hasil penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar. Variasi limbah beton yang digunakan sebesar 0%, dan 100% terhadap kuat lentur balok beton yang direndam selama 28 hari. Pada hasil data penelitian ini akan dianalisis menggunakan Microsoft Office Excel. Data-data yang telah di analisis pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian ini yakni untuk mengetahui kuat lentur balok beton dengan agregat limbah beton yang diperkuat dengan *wiremesh* sebagai tulangan yang diletakkan pada daerah lentur dan tumpuan balok dan juga untuk mengetahui perbandingan antara balok beton normal tanpa perkuatan *wiremesh* dengan balok limbah beton yang diperkuat dengan *wiremesh* sebagai tulangan.

### III.6 Bagan Alur Penelitian

Tahap- tahap penelitian dapat dilihat secara skematis dalam bagan alur pada Gambar III.2:



Gambar III. 2 Bagan Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Komposisi Beton

##### IV.1.1 Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik agregat dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar. Pengujian yang dilakukan yakni karakteristik dari agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan limbah beton (pengganti agregat kasar). Pengujian karekteristik dilakukan berdasarkan pada SNI. Berikut hasil rekapitulasi pengujian karakteristik agregat tersaji dalam Tabel IV.1.

**Tabel IV. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar**

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi SNI		Hasil Pengujian		Keterangan	
		Pasir	Kerikil	Pasir	Kerikil	Pasir	Kerikil
1	Kadar Lumpur (%)	0,2 – 5	Maks 1	3,85	0,26	Memenuhi	Memenuhi
2	Kadar Air (%)	5-Mar	0,5 - 2	4,93	0,53	Memenuhi	Memenuhi
3	Berat Volume						
	a. Kondisi Lepas (Kg/Ltr)	1,4 - 1,9	1,6 - 1,9	1,73	1,63	Memenuhi	Memenuhi
	b. Kondisi Padat (Kg/Ltr)	1,4 - 1,9	1,6 - 1,9	1,87	1,9	Memenuhi	Memenuhi
4	Berat Jenis					Memenuhi	Memenuhi
	a. Nyata (gr)	1,60 - 3,30	1,60 - 3,33	2,44	2,12	Memenuhi	Memenuhi

	b. Dasar Kering (gr)	1,60 - 3,31	1,60 - 3,34	2,36	2,06	Memenuhi	Memenuhi
	c. Kering Permukaan (gr)	1,60 - 3,32	1,60 - 3,35	2,39	2,09	Memenuhi	Memenuhi
	d. Absorsi	0,2 – 2	Maks 4	1,28	1,23	Memenuhi	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	2,3 - 3,1	6 - 7,1	2,88	7,05	Memenuhi	Memenuhi
6	Kadar Organik	<No 3	-	No.2	-	Memenuhi	
7	Keausan (%)	-	Maks 50	-	39	Memenuhi	Memenuhi

Sumber : ( Hasil Pengolahan Data, 2023 )

Berdasarkan pengujian yang dilakukan hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus yang disajikan dalam Tabel IV. 1 menunjukkan bahwa agregat halus memenuhi persyaratan standar SNI karena semua hasil pengujian berada dalam rentang yang ditetapkan oleh standar untuk agregat halus. Namun, nilai absorsi pada agregat halus tidak berada dalam rentang yang diisyatkan oleh standar SNI. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal itu, material tersebut akan diberikan perlakuan dengan cara menjemurnya lebih lama.

Pada Tabel IV.1 dapat pula disimpulkan bahwa agregat kasar memenuhi standar SNI karena semua hasil pengujian karakteristik agregat berada dalam interval yang ditentukan oleh standar untuk agregat halus..

#### **IV.1.2 Limbah Beton**

Pada Laboratorium Bahan dan Beton Teknik Sipil Universitas Fajar, dilakukan pengujian karakteristik limbah beton dengan mengikuti Standar Nasional Indonesia. Hasil pengujian tersebut telah dirangkum dalam Tabel IV.2.



**Tabel IV. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Limbah Beton**

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	1%	Maks 1	Memenuhi
2	Kadar Air (%)	1,01 %	0,5 - 2	Memenuhi
3	Berat Volume			Memenuhi
	a. Kondisi Lepas (Kg/Ltr)	1,61	1,6 - 1,9	Memenuhi
	b. Kondisi Padat (Kg/Ltr)	1,69	1,6 - 1,9	Memenuhi
4	Berat Jenis			Memenuhi
	a. Nyata (gr)	2,91	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Dasar Kering (gr)	1,43	1,60 - 3,34	Memenuhi
	c. Kering Permukaan (gr)	2,48	1,60 - 3,35	Memenuhi
5	Absorsi	2,01 %	Maks 4	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,21	6 - 7,1	Memenuhi
7	Keausan (%)	36,30 %	Maks 50	Memenuhi

Sumber : ( Hasil Pengolahan Data, 2023 )

Berdasarkan Tabel IV.2 dapat ditarik kesimpulan bahwa limbah beton sebagai pengganti agregat kasar memenuhi persyaratan standar SNI karena semua hasil pengujian agregat kasar berada dalam rentang yang ditentukan oleh standar agregat halus.

#### **IV.2 Mix Design**

Pada penelitian ini mutu beton yang direncanakan yaitu 25 MPa. Dari hasil pemeriksaan material dan perhitungan *mix design*, komposisi agregat penyusun balok beton dapat dilihat pada Tabel IV.3 dan Tabel IV.4

**Tabel IV. 3 Mix design silinder beton untuk 1 benda uji yaitu 0.00157 m<sup>3</sup>**

Material	Berat Material (Kg/m <sup>3</sup> )	Rasio Terhadap Berat Semen	Berat Untuk 1 Benda Uji (Kg)
Air	195	0,560	0,306
Semen	348,214	1,000	0,547
Pasir	773,978	2,222	1,215
Kerikil	1262,978	3,627	1,982

(Sumber : Hasil pengolahan data, 2023)

**Tabel IV. 4 Mix desing balok beton untuk 1 benda uji yaitu 0.0135 m<sup>3</sup>**

Material	Berat Material (kg/m <sup>3</sup> )	Rasio Terhadap Berat Semen	Berat Untuk 1 Benda Uji (Kg)
Ari	195	0,560	2,6325
Semen	348,2143	1,000	4,700
Pasir	773,9786	2,222	10,448
Kerikil	1262,9786	3,627	17,047
Total Berat 1 Benda Uji			34,8275

(Sumber : Hasil pengolahan data, 2023)

### **IV.3 Slump Test**

Pengujian *slump test* dilaksanakan guna mengidentifikasi tingkat *workability* (kekentalan) dari campuran beton. *Workability* beton adalah ukuran seberapa mudah campuran tersebut dapat digunakan dalam konstruksi tanpa menyebabkan pemisahan bahan penyusun beton (segregasi). Tingkat kekntalan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk kandungan air, jumlah semen, bentuk dan ukuran agregat. Dalam penelitian ini, *slump test* dilakukan satu kali untuk setiap variasi yang ada.

**Tabel IV. 5 Nilai Slump Untuk Tiap Variasi Limbah Beton**

No	Variasi Campuran Limbah Beton (%)	Test Slump (cm)	Rata-rata (cm)
1	0	10	10
2	100	10	

(Sumber: Hasil pengolahan data, 2023)



Gambar IV. 1 Pengujian *Slump Text* (Sumber : pengolahan data)

#### **IV.4 Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada suatu benda uji berbentuk silinder dengan dimensi alas 10 cm dan tinggi 20 cm. Benda uji silinder ini merupakan contoh benda uji beton biasa yang terdiri dari tiga sampel. Tujuan dari pengujian benda uji silinder ini adalah untuk menjadi acuan control mutu bagi beton yang direncanakan. Proses pengujian menggunakan alat bernama *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kapasitas 3000 KN. Pada pengujian ini, benda uji ditempatkan dalam posisi vertikal. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban hingga terjadi retakan pada benda uji atau hingga benda uji tidak lagi mampu menahan beban yang diberikan. Indikator keberhasilan pengujian adalah penurunan jarum berwarna hitam pada skala UTM mencapai angka 0, yang menunjukkan bahwa beban yang diterapkan telah mencapai nilai maksimal. Hasil pengujian benda uji silinder normal dapat dilihat pada Tabel IV.6 sebagai berikut :

**Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder Beton Normal (SN)**

Tanggal Uji	Umur (Hari)	Berat (kg)	Luas(A) )mm <sup>2</sup>	Beban (P)		Kuat Tekan f <sub>c</sub> = P/A (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
				(kN)	(N)		
12/08/23	28	4,09	7850	200	200000	25,477	25,901
		3,62		210	210000	26,751	
		3,96		200	200000	25,477	

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

Hasil dari pengujian pada Tabel IV.6 tersebut dengan nilai kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 25,901 Mpa. Dari hasil tersebut menjadi bukti bahwa beton yang dibuat telah memenuhi mutu beton yang direncanakan yaitu 25 MPa.

*Sebelum di uji*



*Sesudah di uji*



**Gambar IV. 2 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder Normal (SN)**

#### IV.5 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat balok berumur 28 hari. Pengujian kuat lentur terhadap balok normal (BN), balok normal *wiremesh*, dan balok limbah *wiremesh* 100 %. Sampel tersebut berukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.

Sebagaimana kuata lentur dilakukan di Laboratorium Stuktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar pada hari kamis tanggal 12 Agustus 2023 dengan jumlah sampel sebanyak 9 balok, dan nilai kuat lentur yang dihasilkan masing-masing balok berbeda. Adapun hasil pengujian kuat lentur balok normal (BN), balok normal *wiremesh* (BNW), dan balok limbah *wiremesh* 100% (BLW 100%) sebagai berikut :

**Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Kuat Lentur Hasil Kuat Lentur Benda Uji Balok Normal, Balok Beton Normal Wiremesh, Balok Limbah Wiremesh 100%**

Nama Sampel	Nomor Sampel	Panjang Bentang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Kuat Lentur		
					(KN)	(Mpa)	Rata-rata (Mpa)
BN 0%	1	600	150	150	16,8	2,987	2,972
	2	600	150	150	16,8	2,987	
	3	600	150	150	16,56	2,944	
BNW 0%	1	600	150	150	25,8	4,587	5,013
	2	600	150	150	33,9	6,027	
	3	600	150	150	22,9	4,427	
BLW 100%	1	600	150	150	38,9	6,916	5,375
	2	600	150	150	26,9	4,782	
	3	600	150	150	24,9	4,427	

Sumber : Hasil dari pengolahan data, 2023

Pada percobaan ini, objek benda uji memiliki bentuk persegi panjang dengan panjang 600 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 150 mm. Objek uji ditempatkan dalam posisi horizontal dimesin pengujian kuat lentur. Metode

pengujian melibatkan penerapan benda uji mengalami retak atau patah, mencapai titik dimana benda uji tidak lagi mampu menahan beban yang diberikan. Setelah itu, kekuatan kuat lentur dari benda uji dihitung. Kekuatan lentur yang dihasilkan oleh beton sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan. Pada usia 28 hari dan setelah direndam dalam air tawar, nilai rata-rata kekuatan lentur diperoleh sebagai berikut : Untuk beton normal BN dengan kode 0 % memiliki nilai 2,97 MPa, beton normal dengan penguatan *Wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan dengan kode sampel BNW 0 %, memiliki nilai 5.01 MPa, dan beton limbah 100% yang diperkuat dengan *Wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan, memiliki nilai 5.37 MPa.

Pada tabel IV.7 dilampirkan nilai kuat lentur beton normal variasi 0% yang tanpa penguatan *Wiremesh* lebih rendah dibandingkan dengan balok normal variasi 0% dengan penguatan *Wiremesh* dan balok limbah beton 100% dengan penguatan *Wiremesh*.

*Sebelum diuji*

*Setelah diuji*



Gambar IV. 3 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji Balok Beton Normal



Gambar IV. 4 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji Balok Beton Normal Wiremes

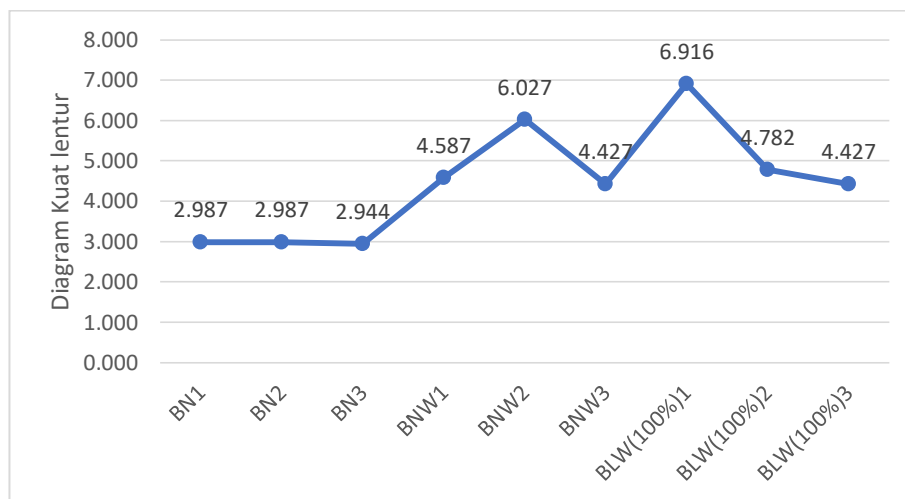


Gambar IV. 5 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji Balok Beton Limbah Wiremesh 100%

Pada Gambar IV.3, Gambar IV.4 dan Gambar IV.5 dapat dilihat jenis retakan yang telah terjadi pada balok beton normal (BN0%) yakni retak lentur (*flexural crack*) keretakan yang terjadi berada pada daerah momen lentur yang lebih tinggi dan gaya geser yang lebih rendah. Adapun arah retak yang terjadi hampir tegak lurus terhadap sumbu balok.

Hasil dari pengujian kuat lentur pada balok beton memiliki presentase peningkatan dan penurunan nilai kuat lentur. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya perkuatan *Wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan balok dan juga penurunan nilai kuat lentur pada balok yang menggunakan agregat limbah beton dengan perkuatan *wiremesh*. Adapun presentase peningkatan pada balok beton normal dengan nilai rata-rata kuat lentur senilai 2,97 MPa sedangkan pada balok beton normal dengan perkuatan *wiremesh* memiliki rata-rata kuat lentur sebesar 5,01 MPa. Dari perkuatan tersebut mengalami peningkatan 68,66% dari balok

beton normal atau dapat diasumsikan nilai kuat lentur 5,01 MPa > 2,97 MPa. Kemudian untuk nilai kuat lentur rata-rata balok beton limbah variasi 100% sebesar 5,37 MPa. Presentase peningkatan pada balok beton limbah dengan dengan perkuatan *wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan terhadap balok beton normal perkuatan *wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan sebesar 7,21% dapat diasumsikan nilai kuat lentur 5,37 MPa > 5.01 MPa, peningkatan bisa terjadi disebabkan penggunaan limbah beton menjadi agregat kasar. Namun untuk rata-rata kuat lentur pada balok beton normal tanpa perkuatan *wiremesh* variasi limbah beton 0% dengan balok variasi limbah beton 100% yang diperkuat *wiremesh* pada daerah lentur dan tumpuan mengalami peningkatan sebesar 80,82% diasumsikan nilai kuat lentur 5,37 MPa > 2,97 MPa. Diagram hasil pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Gambar IV.6



Gambar IV. 6 Diagram Kuat lentur Beton Normal, Beton Normal *Wiremesh* dan Beton Limbah *Wiremesh*

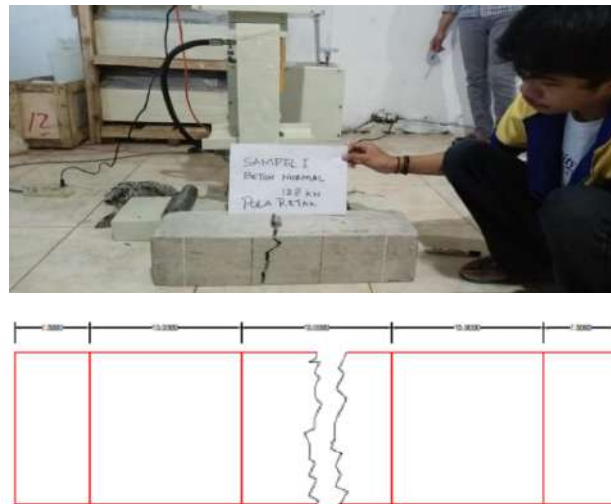
## IV.6 Pola Retak

### IV.6.1 Pola Retak Balok Beton Normal (BN)

Retak yang terjadi pada pengujian balok beton normal mengalami retak lentur (*Flexural crack*). Pola retak yang dihasilkan pada balok beton di daerah pusat (yaitu posisi bentang balok), dengan retakan berjalan tegak lurus terhadap sumbu melintang balok beton. Jenis keretakan dapat dilihat pada gambar berikut :



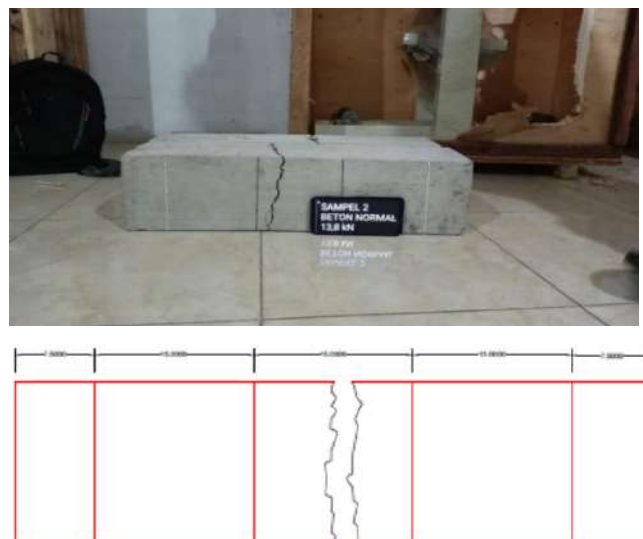
a. Pola Retak BN 1



Gambar IV. 7 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal 1

Pola retak pada Gambar IV.7 untuk beton normal 1, Retakan awal pertama kali muncul pada daerah yang mengalami tekanan paling besar,yakni pada jarak antara beban.Ketika beban yang diterapkan pada balok bertambah ,retakan ditengah betangan akan semakin memanjang dan melebar. Dampak,retakan awal akan merambah dan pada akhirnya mengakibatkan balok beton patah.

b. Pola Retak BN2

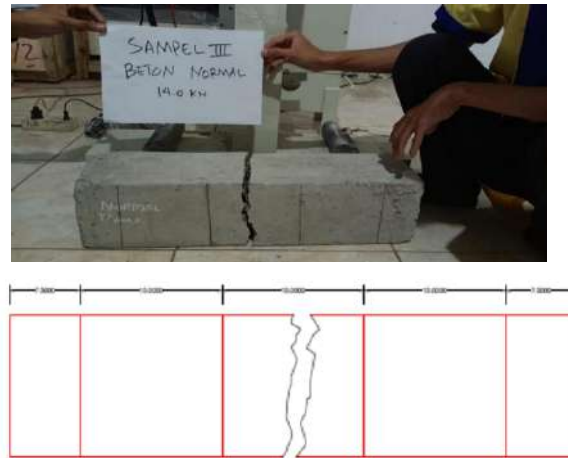


Gambar IV. 8 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal 2

Pola retak pada Gambar IV.8 untuk beton normal 1, Retakan awal pertama kali muncul pada daerah yang mengalami tekanan paling besar,yakni pada jarak antara

beban. Ketika beban yang diterapkan pada balok bertambah, retakan ditengah betangan akan semakin memanjang dan melebar. Dampak, retakan awal akan merambah dan pada akhirnya mengakibatkan balok beton patah.

c. Pola Retak BN3



Gambar IV. 9 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal 3

Hasil pengujian pada semua balok beton normal dalam penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pola Retak lentur Murni. Retakan awal terjadi di daerah yang mengalami momen maksimum, yaitu pada jarak antar beban. Sering bertambahnya beban yang diberikan pada balok, retakan di daerah pusat bentang akan semakin bertambah panjang dan lebar. Akibatnya, retakan awal akan melebar dan pada akhirnya menyebabkan balok beton menjadi retak atau patah.

#### IV.6.2 Pola Retak Balok Beton Normal *Wiremesh* (BNW)

Keretakan yang terjadi pada balok beton normal dengan perkuatan *wiremesh* pada saat pengujian adalah Retak Lentur (*flexural crack*), yang dimana nilai lentur jauh lebih tinggi dan gaya geser yang lebih rendah.

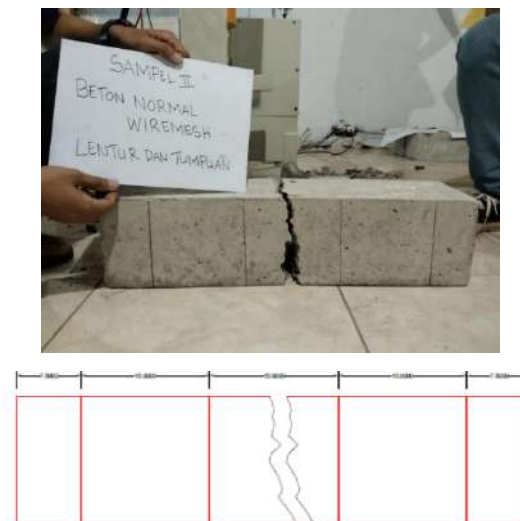
a. Pola Retak BNW 1



Gambar IV. 10 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal *Wiremesh* 1

Pola retak pada Gambar IV.10 untuk beton normal dengan perkuatan *wiremesh* 1 untuk beton normal 1, Retakan awal pertama kali muncul pada daerah yang mengalami tekanan paling besar,yakni pada jarak antara beban.Ketika beban yang diterapkan pada balok bertambah ,retakan ditengah betangan akan semakin memanjang dan melebar. Dampak,retakan awal akan merambah dan pada akhirnya mengakibatkan balok beton patah.

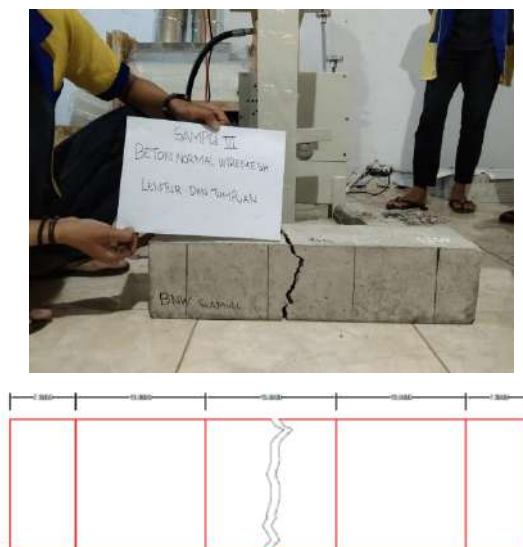
b. Pola Retak BNW 2



Gambar IV. 11 Pola Retak Benda Uji Balok Beton Normal *Wiremesh* 2

Pola retak pada Gambar IV.11 untuk beton normal dengan perkuatan *wiremesh* 2 Retakan awal pertama kali muncul pada daerah yang mengalami tekanan paling besar,yakni pada jarak antara beban.Ketika beban yang diterapkan pada balok bertambah ,retakan ditengah betangan akan semakin memanjang dan melebar. Dampak,retakan awal akan merambah dan pada akhirnya mengakibatkan balok beton patah.

c. Pola Retak BNW 3



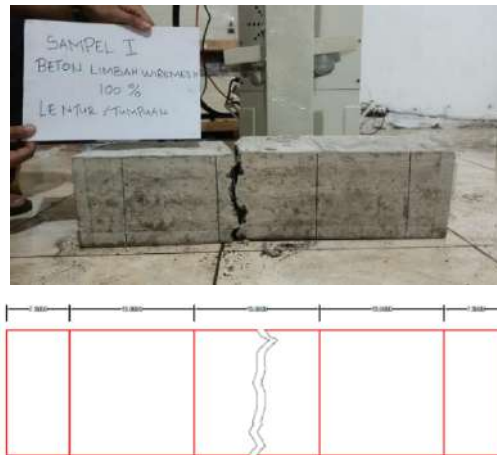
Gambar IV. 12 Pola Retak Benda Uji Balok beton Normal *Wiremesh* 3

Pola retak yang terjadi pada semua balok beton normal dengan perkuatan *wiremesh* 3 adalah pola Retak Lentur dapat saya simpulkan pola retak yang terjadi pada semua balok beton normal *wiremesh* adalah pola retak lentur, dengan arah rambat yang vertikal terhadap sumbu memanjang balok. Keretakan awaal terjadi pada daerah momen maksimum di antara kedua beban hampir mendekati tengah bentang dari balok.

**IV.6.3 Pola Retak Balok Beton Limbah Wiremsh 100 % (BLW)**

Keretakan yang muncul pada saat pengujian balok limbah beton *wiremesh* variasi 100 % adalah retak lentur yang dimana kekutan balok tersebut lebih dominan dari gaya geser atau dapat diasumsikan nilai kuat lentur jauh lebih tinggi dari gaya geser.

1) Pola Retak BLW 1



Gambar IV. 13 Pola Retak Benda uji Balok Limbah Beton *Wiremesh* Variasi 100% 1

Pola retak Gambar IV.13 untuk balok variasi limbah 100% dengan perkuatan *wiremesh* adalah Pola Retakan awal pertama kali muncul pada daerah yang mengalami tekanan paling besar, yakni pada jarak antara beban. Ketika beban yang diterapkan pada balok bertambah, retakan ditengah betangan akan semakin memanjang dan melebar. Dampak, retakan awal akan merambah dan pada akhirnya mengakibatkan balok beton patah.

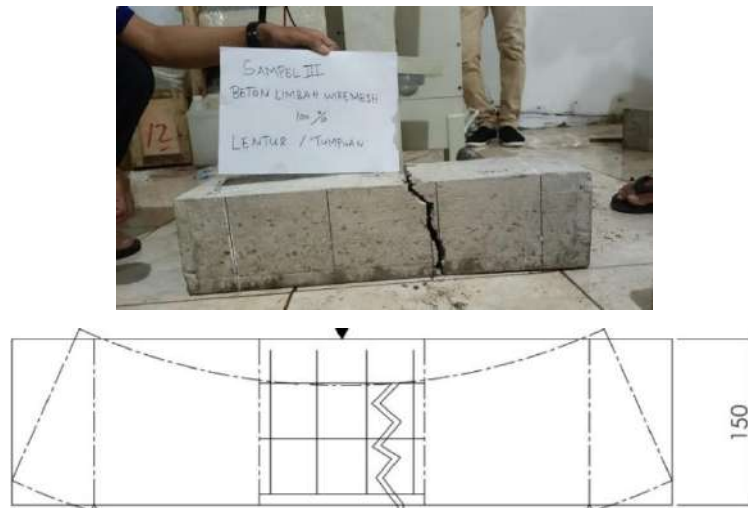
2) Pola Retak BLW 2



Gambar IV. 14 Pola Retak Uji Balok Limbah Beton *Wiremesh* Variasi 100% 2

Pola retak pada Gambar IV.14 untuk balok variasi limbah 100% dengan perkuatan *wiremesh* 2 adalah Retakan awal pertama kali muncul pada daerah yang mengalami tekanan paling besar, yakni pada jarak antara beban. Ketika beban yang diterapkan pada balok bertambah, retakan ditengah betangan akan semakin memanjang dan melebar. Dampak, retakan awal akan merambah dan pada akhirnya mengakibatkan balok beton patah.

### 3) Pola Retak BLW 3



Gambar IV. 15 Pola Retak Benda Uji Balok Limbah Beton *Wiremesh* Variasi 100% 3

Dari semua benda uji balok limbah beton *wiremesh* variasi 100 % menghasilkan pola retak lentur, yang dimana retak yang terjadi tegak lurus atau vertikal. Jarak retak dari ketiga jenis balok beton (BN 0%, BNW 0% dan BLW 100%) secara menyeluruh menghasilkan pola retak yang hampir sama atau diasumsikan masuk dalam kategori yang sama yaitu Retak Lentur.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

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

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian penggunaan limbah beton sebagai bahan pengganti agregat kasar serta penambahan perkuatan *wiremesh* pada daerah lentur balok sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai Kuat lentur balok beton normal variasi 0% (BN0%) rata-rata kuat lentur senilai 2,97 MPa; pada balok beton normal *wiremesh* variasi 0%(BNW 0%) rata-rata nilai kuat lentur sebesar 5.01 MPa dan pada balok beton limbah variasi 100% dengan tambahan perkuatan *wiremesh* (BLW 100%) sebesar 5.37 MPa.
2. Hasil pola retak dari semua benda uji menunjukkan pola retak lentur, dengan arah rambat yang vertikal sejajar dengan sumbu panjang balok. Retakan awal terjadi pada daerah momen paling besar, yakni diantara dua beban yang mendekati tengah bentang balok. Keretakan yang terjadi pada ketiga jenis balok (BN 0%, BNW 0%, dan BLW 100%) menghasilkan jarak yang secara umum relative serta menghasilkan pola retak yang sama.

#### **V.2 Saran**

1. Pengadaan alat-alat layak pakai pada laboratorium sehingga dapat memperlancar proses penelitian yang ada.
2. Perlu memperhatikan pentingnya keselamatan kerja pada laboratorium dan mengikuti prosedur laboratorium pada umumnya.
3. Peneliti disarankan untuk meneliti kuat geser.

## DAFTAR PUSTAKA

- Admin. (2023). *defenisi dan spesifikasi wiremesh juga manfaatnya.*
- As'at Pujianro R. (2021). *pemenafaatan limbah bata ringan sebagai bahan penyusun pengganti pada beton.*
- ATIKA FAHIRA. (2022). *STUDI RETROFIT WIREMESH DIAGONAL PADA BALOK YANG MENGGUNAKAN LIMBAH BETON.*
- Dwiyana Afandi Baddu. (2020). *Perkuatan Balok Beton Scc Menggunakan Wiremesh Pada Daerah Lentur dan Geser.* Univeristas Fajar.
- Hence Michael wuatel. (2022). *disipasi energi pada kolom dijacketing dengan wiremesh dan self compacting concrete akibat beban siklik.*
- M. Abdul Wahid M. (2022). *tinjauan kuat lentur dinding panel beton berlubang syrofaom dengan perkuatan wiremesh dan campuran FLY ASH.*
- M. Vricilia A. (2020). *kuat tekan plat beton menggunakan pasir wlingi dan wiremesh diameter 4 mm.*
- Muh. Fausan Rahmadani A. (2015). *uji kuat lentur pada panel beton beragregat kasar libah plastik PET dan tulangan wiremesh.*
- Norma Fitriani. (2021). *pengarus sabuk perkuatan wiremesh pada daerah tumpuan terhadap kekuatan lentur balok beton.*
- Pamungkas A. (2021). *pengaruh penggunaan wiremesh bentuk persegi terhadap kuat lentur dan geser beton.*
- Rospati Girik Allo. (2022). *Studi Eksperimental Terhdap Balok Beton Yang Diperkuat Wiremesh Pada Kombinasi Daerah Lapangan Dan Daerah Lentur.* Universitas Fajar.
- Satriadi. (2020). *perkuatan lentur balok beton self compacting concrete (SCC) yang menggunakan wiremesh dengan metode jackting.*



Standar Nasional Indonesia (SNI). (2002). SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Badan Standarisasi Nasional*.

Standar Nasional Indonesia (SNI). (2008). Cara Uji Slump Beton. In *Badan Standarisasi Nasional*.

Standar Nasional Indonesia (SNI). (2013). *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untukm bangunan gedung*. Badan Standarisasi Nasional.

Tim Editoria Room.com. (2021). *seputar besi wiremesh dan jenis-jenisnya*.

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN A PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT HALUS



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023

Penelitian : Tugas Akhir

### Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Hasil Percobaan I

A = Volume Lumpur (VL) = 10 MI

B = Volume Total (Lumpur + Pasir)(VT) = 260 MI

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{VL}}{\text{VT}} \times 100\% = 3.85\%$$

Jadi nilai untuk kadar lumpur pasir adalah = 3.85 % telah memenuhi syarat dalam campuran beton maksimal 0,2 % - 5 %.

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk    Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat    Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir)**

Berat contoh kering = 1.000 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
Mm	gram	%	%	%
No. 4	10	1,00	1,00	99,00
No.8	20	2,00	3,00	97,00
No. 16	100	10,00	13,00	87,00
No. 30	130	13,00	26,00	74,00
No. 50	450	45,00	71,00	29,00
No. 100	170	17,00	88,00	12,00
No. 200	100	10,00	98,00	2,00
Pan	20	2,00	0,00	0,00
Jumlah	1000	100,00	300,00	


$$\text{Modulus Kehalusan Pasir (F)} = \frac{288,00}{100} = 2,88\%$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat halus adalah 2,88% dimana memenuhisyarat pencampuran beton yaitu 2,3 – 3,1.

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Dr. Erdawaty, ST., MT  
KOORDINATOR  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk      Diperiksa: Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan :16 Juli 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Air Agregat Halus (Pasir)**


Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	Gram	105
B	Berat Talam + Benda Uji	Gram	1105
C	Berat benda Uji (B - A)	Gram	1000
D	Berat Benda Uji Kering	Gram	953

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{1000 - 953}{1935} \times 100\% \\ &= 4,93 \quad \% \end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian kadar air agregat halus adalah 4,93 % dimana memenuhi syarat campuran beton 3%-5%.

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk      Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : 16 Juli 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Berat Volume Agregat Halus (Pasir)**

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	4669	5150
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	6378	6733
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	1709	1583
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,87	1,73

Jadi hasil pengujian berat volume agregat halus adalah : kondisi padat = 1,87 dan gembur = 1,73 dimana memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT  
KOORDINATOR PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk      Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : 16 Juli 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

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

Hasil Percobaan I

A = Berat Picnometer	=	166	gram
B = Berat Contoh Kondisi SSD di Udara	=	500	gram
C = Berat Picno + air + Contoh SSD	=	956	gram
D = Berat Talam	=	100	gram
E = Berat Picno + air	=	665	gram
F = Berat Setelah dioven + Talam	=	593,7	gram
G = Berat Benda Uji Kering Oven ( F-D )	=	493,7	gram

$$\begin{aligned} \text{Apparent SG} &= \frac{G}{G + E - C} \\ &= \frac{493.7}{202.7} = 2.44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{On dry basic} &= \frac{G}{B + E - C} \\ &= \frac{493.7}{209} = 2.362201 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SSD basic} &= \frac{B}{B + E - C} \\ &= \frac{500}{209} = 2.39 \end{aligned}$$


$$\begin{aligned} \text{Absorption} &= \frac{B - G}{G} \times 100\% \\ &= \frac{6.3}{493.7} \times 100\% \\ &= 1.28 \% \end{aligned}$$


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

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



  
 KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

Dikerjakan : Samuel Juanda Toalyuk      Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Organik Agregat Halus (Pasir)**

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




Gambar hasil pengujian



Gambar standar warna

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

## LAMPIRAN B PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk      Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

### Berat Volume Agregat Kasar (Kerikil)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	4798	5150
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	6537	6546
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	1739.8	1495
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,90	1,63

Jadi hasil pengujian berat volume agregat kasar pada kondisi padat = 1.90 dan gembur = 1,63 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Analisa Saringan Agregat Kasar (Kerikil)**

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
1 1/2	0	0.00	0.00	100.00
1	0	0.00	0.00	100.00
3/4	120	8.00	8.000	92.00
1/2	235	15.67	23.667	76.33
3/8	750	50.00	73.67	26.33
4	395	26.33	100.00	0.00
8	0	0.00	100.00	0.00
16	0	0.00	100.00	0.00
30	0	0.00	100.00	0.00
50	0	0.00	100.00	0.00
100	0	0.00	100.00	0.00
pan	0	0.00	0.00	100.00
<b>Jumlah</b>	<b>1,500</b>	<b>100.00</b>	<b>705.33</b>	<b>-</b>


$$\text{Modulus Kehalusan Kerikil (F)} = \frac{705,333}{100} = 7,05\%$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat kasar adalah 7,05 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton 6-7,1

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



**Dr. Erdawaty, ST., MT**  
KOORDINATOR LABORATORIUM  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Air Agregat Kasar (Kerikil)**

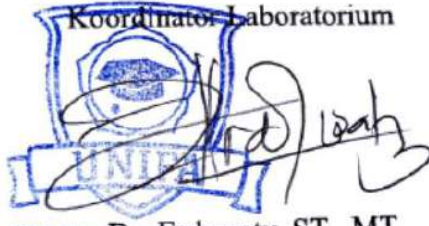
Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	Gram	327
B	Berat Talam + Benda Uji	Gram	2827
C	Berat benda Uji (B - A)	Gram	2500
D	Berat Benda Uji Kering	Gram	2486.7

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{2500 - 2486.7}{2486.7} \times 100\% \\ &= 0,53 \quad \% \end{aligned}$$

Jadi pengujian kadar air agregat kasar adalah 0,53 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton 0,5%-2%.

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
Koordinator Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Kadar Lumpur Agregat Kasar (Kerikil)**


A. Berat Kering Sebelum dicuci = 2500 gram  
B. Berat Kering Setelah dicuci = 2493.4 gram

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur} &= \frac{A - B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{2500 - 2493.4}{2500} \times 100\% \\ &= 0,26 \quad \% \end{aligned}$$

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur kerikil adalah = 0,26% memenuhi syarat dalam campuran beton 1%.

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
UNIFA  
KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk      Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

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

A. Berat kosong keranjang	=	641	gram
B. Berat Keranjang + benda uji SSD udara			
=		3678	gram
C. Berat keranjang + benda uji didalam air			
=		2147	gram
D. Berat keranjang dalam air			
=		563	gram
E. Benda Uji Kering			
=		3000	gram

$$\begin{aligned} \text{Apparent SG} &= \frac{E}{E - (C - D)} \\ &= \frac{3000}{1416} = 2.12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{On dry basic} &= \frac{E}{(B - A) - (C - D)} \\ &= \frac{3000}{1453} = 2.06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SSD basic} &= \frac{B - A}{(B - A) - (C - D)} \\ &= \frac{3037}{1453} = 2.09 \end{aligned}$$


$$\begin{aligned}
 \text{Absorption} &= \frac{(B - A) - E}{E} \times 100\% \\
 &= \frac{37}{3000} \times 100\% \\
 &= 1.23 \text{ \%}
 \end{aligned}$$


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

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



  
 KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL





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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk    Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat    Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Keausan Agregat Kasar (Kerikil)**

Keterangan : Agregat kasar yang lolos saringan nomor 3/4 tertahan pada

saringan no. 1/2 & 3/4 (masing-masing 2500 Gram)

A = 5000 gr

B = 3050 gr

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} = \% \text{ keausan} &= \frac{(A - B) / A \times 100\%}{5000} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 3050}{5000} \times 100\% \\ &= 39.0\% \end{aligned}$$

Jadi nilai rata dari keausan agregat kasar adalah = 39,0% dimana memenuhi syarat pencampuran beton 50%.

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

COORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk      Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Berat Volume Agregat Kasar (Limbah Beton)**

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	1.28	1,28
B	Berat Bohler Kosong	gram	4595	4595
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	6755	6650
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	2160	2055
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,69	1,61

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

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023

Penelitian : Tugas Akhir

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

Berat contoh kering = 1500 gram

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

$$\text{Modulus Kehalusan Kerikil (F)} = \frac{620,63}{8} = 6,21$$

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

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

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

Kode	Keterangan	Berat
A	Berat Talam (gram)	75
B	Berat Talam + Benda Uji (gram)	2575
C	Berat Benda Uji = B-A (gram)	2500
D	Berat Benda Uji Kering (gram)	2475

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{2500 - 2475}{2475} \times 100\% \\ &= 1,01 \%\end{aligned}$$

Jadi pengujian kadar air limbah beton adalah 1,01 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

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

Percobaan I

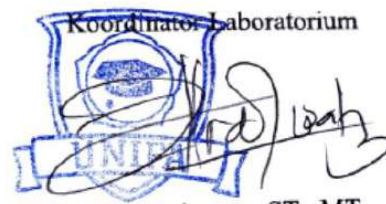
A = Berat Talam	=	90	Gram
B = Berat Kering Sebelum Dicuci	=	1500	Gram
C = Berat Kering Setelah Dicuci + Talam	=	1575	Gram
D = Berat Kering Setelah Dicuci	=	1485	Gram

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

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

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium  
  
KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk    Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
 Pengujian : Karakteristik Agregat      Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
 Penelitian : Tugas Akhir

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 2,43 \text{ Gram}$$
- SSD Basic 
$$= \frac{B - A}{B - A - C - D}$$

$$= \frac{3590 - 540}{3590 - 540 - 2310 - 490}$$

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


$$\begin{aligned}
 &= 2,48 \text{ Gram} \\
 \bullet \text{ Absorption} &= \frac{(B - A) - E}{E} \times 100\% \\
 &= \frac{3590 - 540}{2990} \times 100\% \\
 &= \frac{60}{2990} \times 100\% \\
 &= 2,01 \text{ Gram}
 \end{aligned}$$


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

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



  
 KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Samuel Juanda Tolayuk Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Agustus 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Keausan Agregat Kasar (Limbah Beton)**

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

A = 5000 gr

B = 3185 gr

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} = \% \text{ keausan} &= \frac{5000 - 3185}{5000} \times 100\% \\ &= 36.3\% \end{aligned}$$

Perhitungan keausan limbah beton adalah = 36.3% dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar, 16 Agustus 2023

Mengetahui,

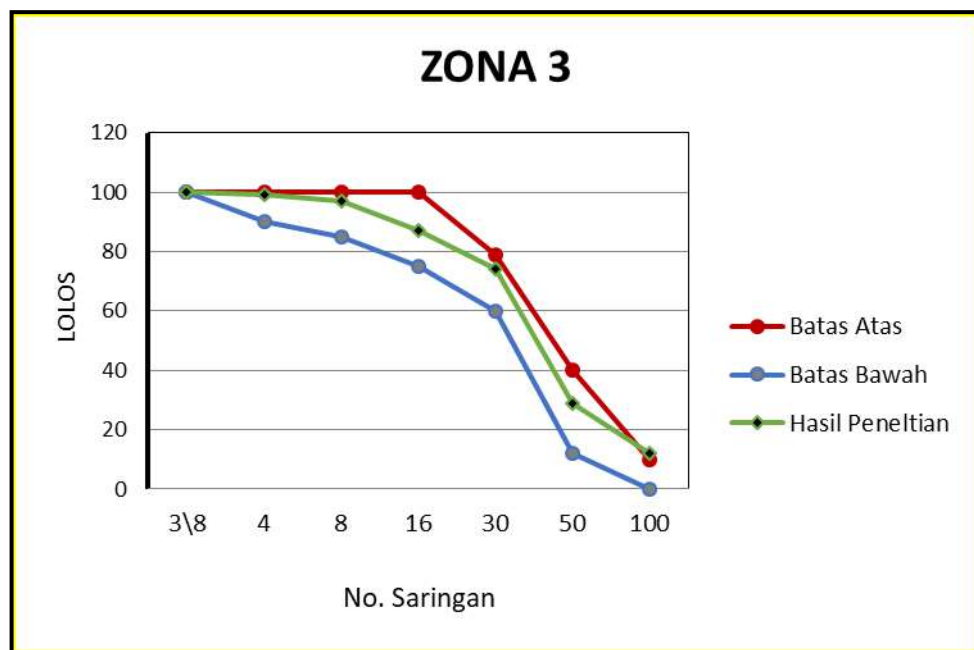
Koordinator Laboratorium  
  
KOORDINATOR Dr. Erdawaty, ST., MT  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



## LAMPIRAN C BATAS ZONA AGREGAT HALUS DAN AGREGAT KASAR

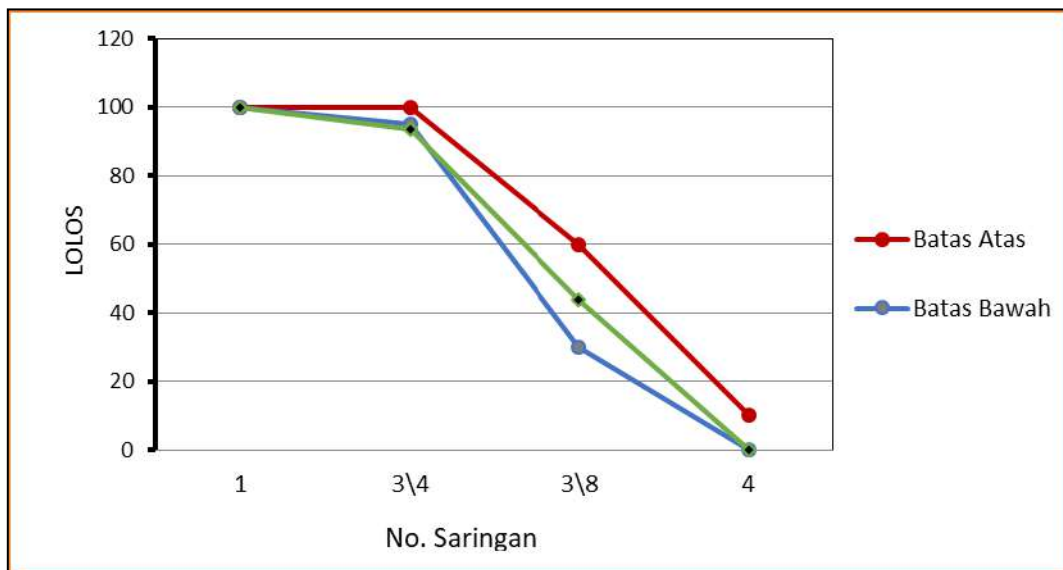
### 1. Agregat halus

NOMOR	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
4	0,00	0	10	0	10	0	5
8							
16							
30							
50							
100							
pan							
Jumlah							



### 3. Penggabungan Agregat

Modulus halus butir agregat dari campuran pasir dan kerikil untuk bahan pembuatan beton berkisar antara 5,0-6,5 (Kardiyono Tjokrodinuljo 1996:26).

Modulus halus butir campuran direncanakan sebesar 5,2 maka dapat dihitung :

$$w = \frac{K}{C} \times 100\%$$

$$= \frac{C - P}{\frac{6,63}{5,2} - \frac{5,2}{3,00}} \times 100 = 65\%$$

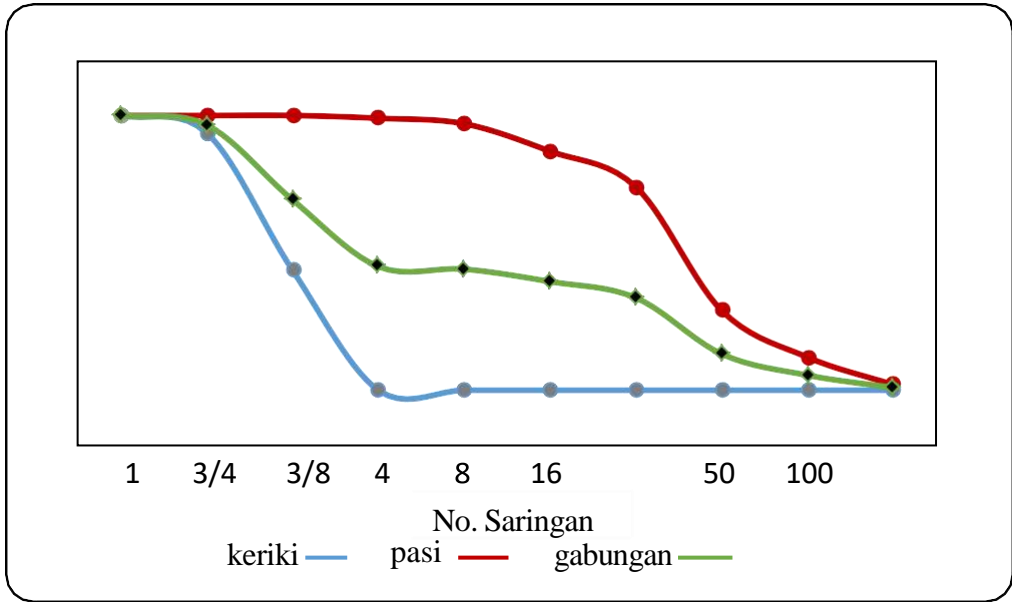
Berat pasir terhadap kerikil sebesar 54% atau dapat

dikatakan perbandingan 54:100 atau 1:1,8

$$\text{Berat pasir} = \frac{1}{2,2} \times 100 = 45\%$$

$$\text{Berat kerikil} = \frac{1,2}{2,2} \times 100 = 55\%$$

Nomor Saringan mm	Persentase lolos (%)		Pasir X 36%	Kerikil X 64%	Agregat Gabungan
	Pasir	Kerikil			
1	100	100,00	45,5	54,5	100,0
0,75	100	93,67	45,5	51,1	96,5
0,375	100	43,67	45,5	23,8	69,3
4	99,00	0,00	45,0	0,0	45,0
8	97,00	0,00	44,1	0,0	44,1
16	87,00	0,00	39,5	0,0	39,5
30	74,00	0,00	33,6	0,0	33,6
50	29,00	0,00	13,2	0,0	13,2
100	12,00	0,00	5,5	0,0	5,5
pan	2,00	0,00	0,9	0,0	0,9
Jumlah	700,00	237,33	318,18	129,45	447,64



### LAMPIRAN D MIX DESIGN BALOK

Rencana mutu beton	= 25 MPa
Ukuran maksimum agregat	= 20 mm
Berat jenis semen PCC	= 4,700
Berat jenis spesifik SSD pasir	= 10,448
Berat jenis SSD kerikil	= 17,047
Volume balok (15 x 15 x 60)	= 0,0135 m <sup>3</sup>
Faktor air semen	= 0,56

1. Kebutuhan air

Penetapan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan ditentukan yaitu sebanyak 195 liter.

Berat ukur maks Krikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 -180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	<b>Alami</b>	135	160	180	<b>195</b>
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

2. Penetapan kadar air semen

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor air Semen}} \\
 &= \frac{195.000}{0.56} \\
 &= 348,124 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}
 \end{aligned}$$

3. Kebutuhan Agregat campuran

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total agregat} &= 1000 - \frac{\text{Kadar semen}}{\text{Bj. Semen}} - \text{kadar air} \\
 &= 1000 - \frac{348,214}{4,700} - 195 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 730,911 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

4. Volume masing-masing agregat

$$\begin{aligned}\text{Volume kerikil} &= 50\% \times \text{vol. total agregat} \\ &= 50\% \times 730,911 \text{ kg/m}^3 \\ &= 365,455 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume pasir} &= 50\% \times \text{vol. total agregat} \\ &= 50\% \times 730,911 \text{ kg/m}^3 \\ &= 365,455 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

5. Berat masing-masing agregat

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= \text{volume pasir} \times \text{Bj. Pasir} \\ &= 365,445 \times 10,440 \\ &= 3.815,350 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Kerikil} &= \text{volume kerikil} \times \text{Bj. Kerikil} \\ &= 365,455 \times 17,047 \\ &= 6.229,911 \text{ kg/ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah} &= \text{berat pasir} + \text{berat kerikil} \\ &= 3.815,350 \text{ kg/m}^3 + 6.229,911 \text{ kg/m}^3 \\ &= 10.045,261 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

6. Rasio terhadap jumlah semen

$$\begin{aligned}\text{Air} &= \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}} \\ &= \frac{195}{348,214} \\ &= 0,56\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Berat semen}} \\ &= \frac{348,214}{348,214} \\ &= 1,000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= \frac{\text{Berat pasir}}{\text{Berat semen}} \\ &= \frac{773,978}{348,214} \\ &= 2,222\end{aligned}$$

$$\text{Kerikil} = \frac{\text{Berat kerikil}}{\text{Berat semen}}$$

$$= \frac{1262,9786}{348,214}$$

$$= 3,627$$

7. Berat material untuk 1 sampel beton

Berat material untuk 1 sampel balok beton =  $V_{\text{blk}}$  x nilai susut beton x berat material

$$V_{\text{balok}} = p \times l \times t$$

$$= 0,6 \times 0,15 \times 0,15$$

$$= 0,135 \text{ m}^3$$

$$\text{Air} = V_{\text{blk}} \times \text{nilai susut beton} \times \text{berat material semen}$$

$$= 0,0135 \text{ m}^3 \times 1,2 \times 348,214$$

$$= 5,641$$

$$\text{Pasir} = V_{\text{blk}} \times \text{nilai susut beton} \times \text{berat material pasir}$$

$$= 0,0135 \text{ m}^3 \times 1,2 \times 773,9786$$

$$= 12,538$$

$$\text{Kerikil} = V_{\text{blk}} \times \text{nilai susut beton} \times \text{berat material kerikil}$$

$$= 0,0135 \text{ m}^3 \times 1,2 \times 1262,9786$$

$$= 20,460$$

Tabel *mix design* untuk balok beton

Material	Berat Material (kg/m <sup>3</sup> )	Rasio Terhadap Berat Semen	Berat Untuk 1 Benda Uji (kg)
Air	210,00	0,350	2,632
Semen	600,000	1,000	4,700
Pasir	749,405	1,249	10,448
Kerikil	767,390	1,279	17,047

Tabel *mix design* untuk silinder

Material	Berat Material (Kg/m <sup>3</sup> )	Rasio Terhadap Berat Semen	Berat Untuk 1 Benda Uji (Kg)
Air	195	0,560	0,30615
Semen	348,2143	1,000	0,5466
Pasir	773,9786	2,222	1,2154
Kerikil	1262,9786	3,627	1,9826



## LAMPIRAN E PERHITUNGAN PENGUJIAN

### 1. Kuat Tekan

Tabel hasil pengujian kuat tekan silinder normal

Tangga IUji	Umur (Hari)	Berat (kg)	Luas(A) )mm <sup>2</sup>	Beban (P)		Kuat Tekan f <sup>'</sup> c = P/A (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
				(kN)	(N)		
19/09/22	28	3,362	7850	200	200000	25,478	24,628
		3,520		190	190000	24,203	
		3,525		190	190000	24,203	

$$\text{Rumus } f'c = \frac{P}{A}$$

Dimana :

f<sup>'</sup>c = Kuat tekan (Mpa)

P = Beban tekan (N)

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

a. Perhitungan Hasil Kuat Tekan Silinder Beton Normal (SN1)

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times (100)^2 \text{ mm} \\ &= 7850 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 200 \text{ kN} \quad (1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}) \\ &= 200 \times 1000 \\ &= 200000 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$= \frac{200000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2}$$

$$= 25,478 \text{ N/mm}^2 \approx 25,478 \text{ MPa}$$

b. Perhitungan Hasil Kuat Tekan Silinder Beton Normal (SN2)

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times (100^2) \text{ mm}$$

$$= 7850 \text{ mm}^2$$

$$P = 240 \text{ kN} \quad (1 \text{ kN} = 1000 \text{ N})$$

$$= 190 \times 1000$$

$$= 190000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{190000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2}$$

$$= 24,203 \text{ N/mm}^2 \approx 24,203 \text{ MPa}$$

c. Perhitungan Hasil Kuat Tekan Silinder Beton Normal (SN3)

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times (100^2) \text{ mm}$$

$$= 7850 \text{ mm}^2$$

$$P = 190 \text{ kN} \quad (1 \text{ kN} = 1000 \text{ N})$$

$$= 190 \times 1000$$

$$= 190000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{190000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2}$$

$$= 24,203 \text{ N/mm}^2 \approx 24,203 \text{ MPa}$$

## 2. Kuat Lentur

Tabel hasil pengujian kuat lentur benda uji balok beton normal

Tanggal Pengujian	Normal Sampel	Kuat Lentur		
		Beban (P) (KN)	(Mpa)	Rata-rata (Mpa)
12/8/2023	BN 1	16.8	2.987	2.944
12/8/2023	BN 2	16.8	2.987	
12/8/2023	BN 3	16.56	2.944	

$$\text{Rumus : } \sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

Keterangan :

$\sigma$  : kuat lentur benda uji (MPa)

P : beban pada waktu lentur (KN)

L : jarak (bentang) antara 2 (dua) garis perletakan (mm)

b : lebar penampang lintang patah arah horizontal (mm)

h : tinggi penampang lintang patah arah vertikal (mm)

a. Perhitungan kuat lentur untuk balok beton normal (BN 1)

$$\begin{aligned} P &= 16,8 \text{ KN} \\ &= 16,8 \times 1000 \text{ N} \\ &= 16.800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\sigma = \frac{16.800 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{10.080.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3}$$

$$= 2.987 \text{ N/mm}^2 \approx 2.987 \text{ MPa}$$

- b. Perhitungan Kuat lentur untuk balok beton normal (BN 2)

$$P = 16.8 \text{ KN}$$

$$= 16,8 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 16.800 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\sigma = \frac{16.800 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150)\text{mm}^2}$$

$$= \frac{10.080.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3}$$

$$= 2.986 \text{ N/mm}^2 \approx 2.986 \text{ Mpa}$$

- c. Perhitungan kuat lentur untuk balok beton normal (BN 3)

$$P = 16,56 \text{ KN}$$

$$= 16,65 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 16.560 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\sigma = \frac{16.560 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150)\text{mm}^2}$$

$$= \frac{9.935.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3}$$

$$= 2.944 \text{ N/mm}^2 \approx 2.944 \text{ Mpa}$$

Tabel hasil pengujian kuat lentur benda uji balok beton normal *wiremesh*

Tanggal Pengujian	Normal Sampel	Kuat Lentur		
		Beban (P) (KN)	(Mpa)	Rata-rata (Mpa)
12/8/2023	BNW 1	25.8	4.587	5.013
12/8/2023	BNW 2	33.9	6.027	
12/8/2023	BNW 3	22.9	4.427	

Rumus : 
$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

Keterangan :

$\sigma$  : kuat lentur benda uji (MPa)

P : beban pada waktu lentur (KN)

L : jarak (bentang) antara 2 (dua) garis perletakan (mm)

b : lebar penampang lintang patah arah horizontal (mm)

h : tinggi penampang lintang patah arah vertikal (mm)

a Perhitungan kuat lentur untuk balok beton normal ( BNW 1)

$$P = 25.8 \text{ KN}$$

$$= 25.8 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 25.800 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\sigma = \frac{25.800 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{15.480.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3}$$

$$= 4.587 \text{ N/mm}^2 \approx 4.58 \text{ Mpa}$$

b Perhitungan kuat lentur untuk balok beton normal (BNW 2)

$$\begin{aligned}
 P &= 33.9 \text{ KN} \\
 &= 33.9 \times 1000 \text{ N} \\
 &= 33.900 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\sigma = \frac{33.900 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150) \text{ mm}^2}$$

$$= \frac{20.340.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3}$$

$$= 6.027 \text{ N/mm}^2 \approx 6.027 \text{ Mpa}$$

c Perhitungan kuat lentur untuk balok beton normal (BNW 3)

$$\begin{aligned}
 P &= 22.9 \text{ KN} \\
 &= 22.9 \times 1000 \text{ N} \\
 &= 22.700 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\sigma = \frac{22.700 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150) \text{ mm}^2}$$

$$= \frac{13.740.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3}$$

$$= 4.071 \text{ N/mm}^2 \approx 4.071 \text{ MPa}$$

Tabel hasil pengujian kuat lentur benda uji balok beton limbah Wiremesh 100%

Tanggal Pengujian	Nomor Sampel	Kuat Lentur		
		Beban (P) (KN)	(Mpa)	Rata-rata (Mpa)
12/8/2023	BLW1	38.9	6.916	5.375
12/8/2023	BLW2	26.9	4.782	
12/8/2023	BLW3	24.9	4.427	

Rumus :  $\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$

Keterangan :

$\sigma$  : kuat lentur benda uji (MPa)

P : beban pada waktu lentur (KN)

L : jarak (bentang) antara 2 (dua) garis perletakan (mm)

b : lebar penampang lintang patah arah horizontal (mm)

h : tinggi penampang lintang patah arah vertikal (mm)

ii. Perhitungan kuat lentur untuk balok beton limbah 100% ( BLW 1)

$$\begin{aligned} P &= 38.9 \\ &= 38.9 \times 1000 \text{ N} \\ &= 38.900 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{38.900 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150 \text{ mm})^2} \\ &= \frac{23.340.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3} \\ &= 6.916 \text{ N/mm}^2 \approx 6.91 \text{ MPa} \end{aligned}$$

iii. Perhitungan kuat lentur balok beton limbah 100% (BLW 2)

$$\begin{aligned} P &= 26.9 \\ &= 26.9 \times 1000 \text{ N} \\ &= 26.900 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{26.900 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150) \text{ mm}^2} \\ &= \frac{16.140.0000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3} \\ &= 4.782 \text{ N/mm}^2 \approx 4.78 \text{ MPa}\end{aligned}$$

iv. Perhitungan kuat lentur balok beton limbah 100 % ( BLW )

$$\begin{aligned}P &= 24.9 \text{ KN} \\ &= 24.9 \times 1000 \text{ N} \\ &= 24.900 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{24.900 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150) \text{ mm}^2} \\ &= \frac{14.940.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}^3} \\ &= 4.427 \text{ N/mm}^2 \approx 4.42 \text{ MPa}\end{aligned}$$



## LAMPIRAN F DOKUMENTASI PENELITIAN

### 1. Proses Penghancuran Limbah Beton



2. Pengujian Karakteristik Agregat



3. Proses mencuci dan menjemur agregat



4. Proses Pemotongan Wiremesh



5. Proses perakitan bekisting



6. Proses penyaringan agregat



7. Proses penimbangan agregat



8. Proses pencampuran dan uji slump



9. Proses Pengecoran benda uji balok





10. Curing (perawatan 28 hari)



11. Pengujian kuat lentur









