

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

**TUGAS AKHIR**

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



Oleh:

**AFDANDI**

**1920121051**

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

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

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

Oleh :

**Afdandi**

**1920121051**

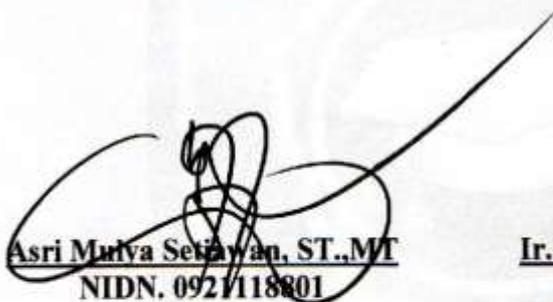
Menyetujui

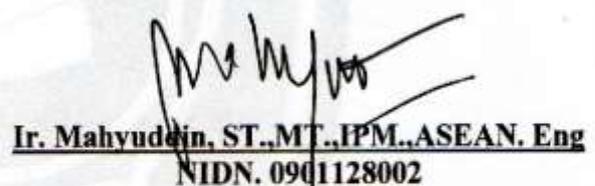
Tim Pembimbing

Tanggal, 17 April 2024

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

  
Asri Mulva Setiawan, ST., MT  
NIDN. 0921118801

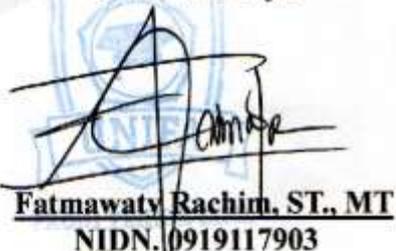
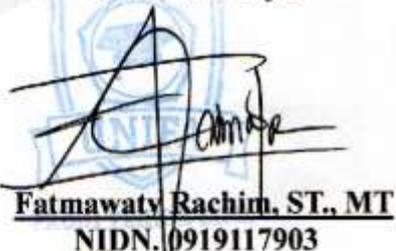
  
Ir. Mahyudin, ST., MT., IPM., ASEAN. Eng  
NIDN. 0901128002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Fajar

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

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Fajar

  
  
Fatmawaty Rachim, ST., MT  
NIDN. 0919117903

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

**“STUDI PEMANFAATAN WIREMESH SEBAGAI TULANGAN BALOK BETON PADA DAERAH LENTUR DAN DAERAH TUMPUAN”**

adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 17 April 2024

Yang Menyatakan



**AFDANDI**

1920121051

## ABSTRAK

**Studi pemanfaatan wiremesh sebagai tulangan balok beton pada daerah lentur dan daerah tumpuan, Afdandi.** Dalam konteks geografis, Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yakni lempeng Indo Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Oleh karena itu, Indonesia dapat dikategorikan sebagai salah satu wilayah yang berada dalam Cincin Api (Ring of Fire), yang mana rentan terhadap kejadian gempa bumi. Ancaman yang muncul akibat gempa bumi tidak hanya mencakup potensi kerugian nyawa manusia, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan. Kejadian gempa bumi juga tidak dapat diprediksi dengan pasti kapan akan terjadi. Kerusakan pada struktur beton bertulang bisa timbul akibat beberapa faktor, termasuk usia struktur, perubahan beban, atau dampak bencana alam. Seringkali, struktur yang mengalami kerusakan signifikan akan segera dirobohkan tanpa mempertimbangkan kemungkinan perbaikan atau penguatan. Namun, pada tingkat kerusakan tertentu, prinsipnya, elemen struktur beton bertulang bisa diperbaiki atau diperkuat. Kemajuan dalam penggunaan material berupa serat yang diperkuat oleh plastik (Fiber Reinforced Plastics/FRP), seperti serat karbon (CFRP), serat kaca (GFRP), atau serat aramid (AFRP), telah membuka peluang baru untuk melakukan perbaikan dan penguatan pada struktur beton bertulang. Nilai kuat lentur pada balok beton normal (BN) rata-rata kuat lentur senilai 2,972 MPa, pada balok beton normal *wiremesh* variasi (BNW) rata-rata nilai kuat lentur sebesar 5,013 MPa dengan penambahan perkuatan wiremesh pada balok beton memiliki kenaikan kuat lentur senilai 2,041 dari balok beton normal. 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 kedua jenis balok (BN, dan BNW) menghasilkan jarak yang secara umum relatif serta menghasilkan pola retak yang sama.

**Kata kunci :** besi strimin, tulangan, balok beton, kuat lentur, pola retak

## ABSTRACT

*Study of the use of wire mesh as reinforcement for concrete beams in bending areas and support areas, Afdandi.* In a geographical context, Indonesia is located at the meeting point of three main tectonic plates, namely the Indo-Australian plate, the Eurasian plate and the Pacific plate. Therefore, Indonesia can be categorized as one of the regions in the Ring of Fire, which is vulnerable to earthquakes. The threats that arise from earthquakes not only include the potential loss of human life, but can also cause damage to building structures. Earthquakes also cannot be predicted with certainty when they will occur. Damage to reinforced concrete structures can arise due to several factors, including the age of the structure, changes in load, or the impact of natural disasters. Often, structures that experience significant damage will be immediately torn down without considering the possibility of repair or strengthening. However, at a certain level of damage, in principle, reinforced concrete structural elements can be repaired or strengthened. Advances in the use of materials in the form of fiber reinforced plastics (Fiber Reinforced Plastics/FRP), such as carbon fiber (CFRP), glass fiber (GFRP), or aramid fiber (AFRP), have opened up new opportunities for repairing and strengthening concrete structures. bony. The flexural strength value in normal concrete beams (BN) has an average flexural strength of 2.972 MPa, in normal concrete beams of variation wiremesh (BNW) the average flexural strength value is 5.013 MPa with the addition of wiremesh reinforcement to the concrete beam which has an increase in flexural strength of 2.041. from normal concrete blocks. The results of the crack patterns of all test objects show a flexural crack pattern, with a vertical propagation direction parallel to the long axis of the beam. The initial crack occurs in the area of greatest moment, namely between the two loads approaching the middle of the beam span. Cracks that occur in both types of beams (BN and BNW) produce generally relative distances and produce the same crack patterns.

**Keywords:** wiremesh, reinforcement, concrete beam, flexural strength, crack pattern

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga proposal penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik yang berjudul **“Studi Pemanfaatan Wiremesh Sebagai Tulangan Balok Pada Daerah Lentur Dan Daerah Tumpuan”**. Penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus di penuhi untuk meraih gelar serjana terkhusus pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

Dengan selesainya proposal penelitian ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, doa, dan bantuan dari semua pihak. Dan terimakasih banyak kepada pihak yang mendukung dalam penyusunan proposal ini, tarutama kepada.

1. Kedua orang tua, Bapak Basri, dan Ibunda Hj..Marsiati yang telah memberikan dukungan baik moral maupun materi serta doa yang tiada hentinya kepada penulis. Serta Saudari Afrita yang senangtiasa memberikan dukungan dan semangat agar penulis diberikan kekuatan dan kesebaran
2. Ibunda Prof.Dr, ST.,MT, Selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.
3. Ibunda Fatmawati Rachim ST.,MT, Selaku ketua program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.
4. Kakanda Asri Mulya Setiawan ST.,MT, Selaku dosen Pembimbing I
5. Ayahanda Ir.Mahyuddin,ST.,MT.,ASEAN.,Eng, Selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak dan Dosen program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Univesitas fajar Yang telah Memberikan Ilmu yang sangat bermanfaat dan Berharga yang akan menajadi bekal bagi peneliti ke depannya.
7. Saudara – Saudari Fakultas Teknik dan Pencinta Alam Teknik UNIFA yang memberikan banyak masukan.
8. Serta seluruh pihak yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan ini saya ucapakan banyak terima kasih.

Dengan ini mengucapkan mohon maaf sebesar besarnya kepada seluruh pihak jika proposal ini terdapat kekeliruan, kesalahan dan kekurangan pada proposal ini. Dengan harapan yang besar, semoga proposal ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

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

Makassar, 17 April 2024

Penyusun

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Afdandi', written in a cursive style.

Afdandi

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	2
I.4 Batasan Masalah.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
II.1 Beton.....	4
II.2 Material Penyusun Beton.....	5
II.2.1 Semen Portland .....	6
II.2.2 Agregat.....	8
II.2.3 Air .....	14
II.3 Slump Test .....	15
II.4 Wiremesh.....	16
II.5 Kuat lentur balok .....	19
II.6 Pola retak pada balok.....	20
II.7 Penilaian Terdahulu .....	21
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN</b> .....	<b>24</b>
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	24

III.2 Alat dan Bahan .....	24
III.3 Benda Uji.....	26
III.4 Pelaksanaan Penelitian .....	26
III.4.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	27
III.4.2 Pembuatan Benda Uji .....	29
III.6 Pengelohan Data.....	30
III.7 Analisa Data .....	30
VIII.6 Bagan Alur Penelitian.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
IV.1 Karakteristik Material Beton .....	32
IV.1.1 Pengujian Karakteristik .....	32
IV.3 Slump Test .....	35
IV.4 Pengujian Kuat Lentur .....	35
IV.5 Pola Retak .....	38
IV.5.1 Pola Retak Beton Normal .....	38
IV.5.2 Pola Retak Beton Wiremesh.....	40
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>41</b>
V.1 Kesimpulan.....	41
V.2 Saran.....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel III. 1 Benda Uji Balok Beton (15 x 15 x 60).....	26
Tabel III. 2 Pengujian Agregat Halus .....	27
Tabel III. 3 Pengujian Agregat Kasar .....	28
Tabel IV. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus(pasir) dan Agregat Kasar (kerikil).....	32
Tabel IV. 2 Analisa saringan agregat halus .....	33
Tabel IV. 3 Analisa saringan agregat kasar .....	34
Tabel IV. 4 Rancangan Campuran Balok Beton .....	35
Tabel IV. 5 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Normal (BN) dan Balok Beton Wiremesh (BW).....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Alat Uji Lump test .....	16
Gambar II. 2 Jenis – jenis keruntuhan lentur .....	20
Gambar III. 1 Sketsa Benda Uji Balok Beton Beton .....	26
Gambar IV. 1 Pengujian slump Test .....	35
Gambar IV. 2 Diagram Kuat Lentur Balok Beton Normal dan Balok Wiremesh	37
Gambar IV. 3 Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Normal .....	38
Gambar IV. 4 Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Normal Wiremesh .....	38
Gambar IV. 5 Pola Retak Beton Normal (BN $\square$ ) .....	39
Gambar IV. 6 Pola Retak Beton Normal (BN <sub>2</sub> ).....	39
Gambar IV. 7 Pola Retak Beton Normal (BN <sub>3</sub> ).....	39
Gambar IV. 8 Pola Retak Beton Wiremesh (BNW $\square$ ) .....	40
Gambar IV. 9 Pola Retak Beton Wiremesh (BNW <sub>2</sub> ).....	40
Gambar IV. 10 Pola Retak Beton Wiremesh (BNW <sub>3</sub> ).....	41

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

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

Dalam konteks geografis, Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yakni lempeng Indo Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Oleh karena itu, Indonesia dapat dikategorikan sebagai salah satu wilayah yang berada dalam Cincin Api (Ring of Fire), yang mana rentan terhadap kejadian gempa bumi. Ancaman yang muncul akibat gempa bumi tidak hanya mencakup potensi kerugian nyawa manusia, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan. Kejadian gempa bumi juga tidak dapat diprediksi dengan pasti kapan akan terjadi. Oleh karena itu, penting untuk merancang struktur bangunan yang berada di wilayah rawan gempa agar memiliki daya tahan terhadap gempa tersebut.

Kerusakan pada struktur beton bertulang bisa timbul akibat beberapa faktor, termasuk usia struktur, perubahan beban, atau dampak bencana alam. Seringkali, struktur yang mengalami kerusakan signifikan akan segera dirobohkan tanpa mempertimbangkan kemungkinan perbaikan atau penguatan. Namun, pada tingkat kerusakan tertentu, prinsipnya, elemen struktur beton bertulang bisa diperbaiki atau diperkuat. Kemajuan dalam penggunaan material berupa serat yang diperkuat oleh plastik (Fiber Reinforced Plastics/FRP), seperti serat karbon (CFRP), serat kaca (GFRP), atau serat aramid (AFRP), telah membuka peluang baru untuk melakukan perbaikan dan penguatan pada struktur beton bertulang.

Sudah banyak penelitian yang dilakukan dalam menggunakan serat-serat tersebut untuk memperkuat struktur guna meningkatkan kapasitasnya. Namun, karena serat-serat tersebut tidak umum digunakan di kalangan masyarakat dan harganya yang tinggi, maka digunakan material wiremesh sebagai alternatif pengganti serat-serat tersebut. Upaya ini dilakukan untuk memahami peningkatan kapasitas lentur wiremesh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas rata-rata bahan uji adalah sebagai berikut: 1) dengan menggunakan 1 lapis penuh wiremesh

berdiameter tulangan 2.3 mm dengan jarak 25 mm dan lapisan beton self-compacting concrete (SCC) setebal 25 mm sepanjang bentang balok (tipe WK), dan 2) dengan menggunakan 1 lapis penuh wiremesh berdiameter tulangan 3 mm dengan jarak 50 mm sepanjang bentang balok (tipe WB).

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, maka permasalahan yang diajukan dalam penelitian ini :

1. Bagaimana nilai kuat lentur balok beton dengan pemanfaatan wiremesh sebagai tulangan pada daerah lentur dan daerah tumpuan ?
2. Bagaimana pola retak pada balok beton dengan pemanfaatan wiremesh pengganti tulangan pada daerah lentur dan daerah tumpuan?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan atau hasil akhir yang ini dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai kuat lentur balok beton dengan pemanfaatan wiremesh sebagai tulangan pada daerah lentur dan daerah tumpuan ?
2. Untuk mengetahui pola retak pada balok beton yang menggunakan wiremesh pengganti tulangan pada daerah lentur dan daerah tumpuan.

## **I.4 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan sasaran yang ingin dicapai, maka penelitian ini diberikan batasan masalah :

1. Penggunaan kawat strimin atau wiremesh hanya diberikan pada kombinasi lentur dan daerah tumpuan
2. Benda uji yang digunakan berupa balok beton dengan menggunakan wiremesh sebagai pengganti tulangan yang berukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm, dan panjang 60 cm untuk pengujian kuat lentur.

3. Melakukan Curing/perawatan pada benda uji dengan cara Perendaman selama 28 hari
4. Kuat tekan beton rencana  $f'c = 25$  MPa.
5. Pengujian kuat lentur pada benda uji berupa balok beton pada umur 28 hari
6. Uji lentur menggunakan alat Hydraulic Concrete Beam
7. Tidak mengukur lebar retak balok

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Beton adalah suatu campuran yang menggabungkan pasir, kerikil, pecahan batu, atau jenis agregat lainnya menjadi satu kesatuan dengan pasta yang terbuat dari semen dan air, sehingga membentuk massa yang menyerupai batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan tambahan juga dimasukkan untuk menciptakan karakteristik tertentu pada beton, seperti kemudahan dalam pengolahan, ketahanan, dan waktu pengerasan. Secara sederhana, beton terbentuk melalui proses pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (seperti pasir), dan agregat kasar (seperti kerikil atau pecahan batu). Terkadang, bahan tambahan juga digunakan untuk meningkatkan kualitas beton. Beton dihasilkan dengan mencampurkan semen, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan tertentu. Bahan-bahan tersebut dicampur secara merata dengan komposisi tertentu untuk menghasilkan campuran yang dapat dicetak sesuai dengan kebutuhan.

Beton memiliki berbagai karakteristik yang beragam. Karakteristik beton sangat rentan terhadap perubahan, terutama pada beton yang baru dicampur (beton segar) yang memiliki sifat plastis dan mudah dibentuk. Di sisi lain, beton yang telah mengeras menjadi padat memiliki sifat keras dan sulit untuk dibentuk ulang. Beberapa sifat yang memengaruhi beton, yang perlu diperhatikan, adalah workability atau kelecakan serta nilai slump. Kedua sifat ini dapat memengaruhi sifat-sifat lain dari beton segar, seperti segregasi dan bleeding. Untuk memastikan bahwa beton mencapai tingkat kekuatan dan mutu yang diinginkan, harus memenuhi syarat untuk dapat diolah dengan baik dan dipadatkan secara sempurna. Beberapa sifat yang memengaruhi beton segar adalah sebagai berikut:

- a. Slump beton adalah pengukuran penurunan tinggi permukaan beton di pusat cetakan segera setelah cetakan uji slump diangkat (SNI 1972:2008, 2008). Besarnya nilai slump umumnya akan meningkat seiring dengan peningkatan kandungan air dalam campuran beton segar, dan sebaliknya akan berkurang

dengan meningkatnya kuat tekan beton. Nilai slump beton digunakan sebagai indikator tingkat kemudahan dalam penanganan beton. Beton dengan nilai slump kurang dari 15 mm mungkin tidak memiliki keplastisan yang memadai, sementara beton dengan nilai slump lebih dari 230 mm mungkin memiliki kekohesifan yang kurang memadai. (SNI 1972:2008, 2008).

- b. Workability atau kelecakan adalah tingkat kemudahan beton segar dalam proses pencampuran, pengangkutan, dan pemadatan tanpa mengalami pemisahan atau segregasi. Penilaian kelecakan beton dapat dilakukan dengan melakukan uji slump. Slump adalah metode yang digunakan untuk mengukur sejauh mana beton segar dapat dianggap homogen dan dapat diolah dengan kekentalan tertentu, yang dinyatakan dalam bentuk satu nilai slump (SNI 1972:2008, 2008), seperti yang dijelaskan oleh Firdausia (2018).
- c. Segregasi adalah kecenderungan agregat kasar untuk berpisah dari campuran beton, sebagaimana yang dijelaskan oleh Bahar (2005).
- d. Bleeding adalah kecenderungan air untuk mengalir ke atas (berpisah) dari beton segar yang baru saja dipindahkan, sesuai dengan penjelasan yang diberikan oleh Bahar (2005).
- e. Perawatan (curing), seperti yang dijelaskan dalam (SNI 2493-2011, 2011), melibatkan pengawasan kelembaban benda uji dari saat pencetakan hingga pengujian. Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji silinder beton selama 28 hari. Selain itu, selama masa setting time, benda uji silinder beton harus ditempatkan pada lokasi yang aman, datar, tidak terkena getaran, dan terhindar dari potensi kerusakan.

## **II.2 Material Penyusun Beton**

Beton terbentuk melalui penggabungan berbagai material, baik yang bersifat kasar maupun halus, dengan penambahan air. Campuran keseluruhan dari berbagai bahan ini menghasilkan beton. Secara prinsip, bahan-bahan pokok yang membentuk beton adalah semen, pasir, dan kerikil. Namun, terdapat pula beragam

bahan tambahan yang digunakan, seperti bahan kimia dan lainnya. Dalam pembahasan ini, kami akan fokus pada bahan-bahan dasar yang membentuk komponen beton.

### **II.2.1 Semen Portland**

Semen merupakan bahan pengikat yang sangat penting dan umum digunakan dalam proyek konstruksi. Ketika dicampur dengan air, semen akan berubah menjadi pasta semen. Apabila agregat halus dicampurkan ke dalam pasta semen, maka akan terbentuk mortar. Sedangkan ketika digabungkan dengan agregat kasar, hasilnya adalah campuran beton segar yang, setelah mengeras, akan menjadi beton keras (hardened concrete).

Fungsi utama semen adalah untuk mengikat partikel-partikel agregat sehingga membentuk massa padat dan mengisi celah-celah udara di antara partikel agregat. Semen merupakan produk industri yang sangat kompleks dengan berbagai komposisi dan susunan yang berbeda-beda. Secara umum, semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu semen non-hidrolik dan semen hidrolik.

Semen non-hidrolik tidak dapat mengeras ketika terendam dalam air, namun bisa mengeras di udara. Contoh semen non-hidrolik utama adalah kapur. Sebaliknya, semen hidrolik memiliki kemampuan untuk mengeras dalam air. Contoh semen hidrolik meliputi kapur hidrolik, semen pozolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozolan, dan semen alumina.

Menurut definisi ASTM C-150 tahun 1995, semen portland adalah jenis semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terbuat dari kalsium silikat, serta bahan tambahan yang juga digiling bersama-sama dengan klinker tersebut. Penggunaan semen portland di Indonesia harus mematuhi persyaratan dalam standar SII.0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia tahun 1986, sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam standar tersebut.

Proses pembuatan semen Portland dilaksanakan melalui beberapa tahap yaitu :

- Penambangan di quarry
- Pemecahan di crushing plant
- Penggilingan
- Pencampuran bahan-bahan
- Pembakaran (clin)
- Penggilingan kembali hasil pembakaran
- Penambahan bahan tambah gypsum
- Pengikatan (packing plant)

a. Proses pembuatan semen portland dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Proses basah

Dalam metode basah, bahan mentah awalnya dicampurkan dengan air (slurry) dan dihaluskan hingga membentuk pasta yang halus. Proses basah ini umumnya digunakan ketika bahan mentah yang diolah bersifat lembut, seperti kapur dan lempung. Pasta halus yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam oven pengeringan. Suhu oven secara perlahan dinaikkan dan pasta tersebut diputar dengan kecepatan tertentu. Proses pengeringan ini menyebabkan perubahan bertahap pada bahan mentah, seiring dengan kenaikan suhu dan terjadinya pergeseran selama proses pengeringan. Pada suhu sekitar 100 derajat Celsius, air mulai menguap, dan ketika mencapai suhu sekitar 850 derajat Celsius, karbon dioksida dilepaskan. Pada suhu sekitar 1400 derajat Celsius, proses percampuran dimulai di dalam zona pembakaran, yang menghasilkan klinker yang terbentuk dari senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat. Klinker ini kemudian didinginkan, dihaluskan menjadi butiran halus, dan dicampur dengan bahan gypsum sekitar 1% hingga 5%. Proses kering

2. Proses kering biasanya digunakan untuk jenis batuan yang lebih keras misalnya untuk batu kapur jenis shale. Pada proses ini bahan dicampur dan digiling dalam keadaan kering menjadi bubuk kasar. Selanjutnya bahan tersebut dimasukkan kedalam ciln dan proses selanjutnya sama dengan proses basah.

b. Jenis – jenis semen Portland

Penggunaan berbagai jenis semen Portland telah muncul karena kebutuhan khusus dalam pelaksanaan konstruksi di lokasi dan karena kemajuan pesat dalam perkembangan semen.

1. Tipe I adalah semen Portland yang tidak memerlukan persyaratan khusus dalam penggunaannya. Biasanya digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memiliki persyaratan khusus. Jenis ini memiliki produksi paling banyak karena cocok untuk hampir semua jenis konstruksi.
2. Tipe II adalah semen Portland yang memiliki ketahanan sedang terhadap sulfat dan panas hidrasi. Biasanya digunakan dalam konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus terpapar air kotor atau air tanah, atau untuk pondasi yang berada di tanah yang mengandung garam-garam sulfat.
3. Tipe III adalah semen Portland yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 28 hari biasanya dapat dicapai dalam waktu 1 minggu. Semen jenis ini sering digunakan ketika konstruksi harus segera dibongkar atau ketika struktur harus dapat digunakan dengan cepat.
4. Tipe IV adalah semen Portland yang memerlukan produksi panas hidrasi yang rendah. Biasanya digunakan pada proyek-proyek di mana kecepatan dan jumlah panas yang dihasilkan harus minimal, seperti pada konstruksi bangunan berat.
5. Tipe V adalah semen Portland yang memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat. Digunakan pada bangunan yang bersentuhan dengan air laut atau air tanah yang memiliki tingkat sulfat yang tinggi dalam komposisinya.

### **II.2.2 Agregat**

Agregat merujuk pada partikel mineral alami yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya cukup tinggi, mencapai sekitar 60%-70% dari total volume beton. Meskipun perannya

hanya sebagai pengisi, karena jumlahnya yang signifikan, karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alami atau agregat buatan (artificial aggregates). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batasan ukuran antara agregat halus dan agregat kasar adalah sekitar 4,80 mm (sesuai standar British) atau 4,75 mm (sesuai standar ASTM). Agregat kasar merupakan batuan dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,80 mm (atau 4,75 mm), sedangkan agregat halus adalah batuan dengan ukuran lebih kecil dari 4,80 mm (atau 4,75 mm). Agregat yang biasanya digunakan dalam campuran beton memiliki ukuran yang lebih kecil dari 40 mm.

#### 1. Jenis agregat

Agregat dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu agregat alami dan agregat buatan (atau pecahan). Baik agregat alami maupun pecahan alam ini juga dapat dibedakan berdasarkan bentuk, tekstur permukaan, dan ukuran butiran nominal (gradasi) mereka. Berikut adalah penjelasan mengenai berbagai jenis agregat yang digunakan dalam campuran beton.

##### a. Jenis agregat berdasarkan bentuk

Bentuk agregat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah proses geologi alami yang membentuknya. Setelah proses penambangan, bentuk agregat dapat dipengaruhi oleh mesin pemecah batu yang digunakan atau metode peledakan yang diterapkan.

Ketika agregat yang memiliki butiran bulat digunakan, ini dapat menghasilkan campuran beton yang lebih baik dibandingkan dengan agregat yang memiliki butiran pipih. Selain itu, penggunaan pasta semen dapat lebih ekonomis. Klasifikasi agregat berdasarkan bentuknya adalah sebagai berikut:

##### 1. Agregat bulat

Agregat ini terbentuk karena adanya proses pengikisan oleh air atau dapat juga terbentuk secara alami melalui proses pengerasan. Agregat ini memiliki tingkat rongga udara minimal sekitar 33%, yang mengakibatkan rasio luas permukaannya menjadi kecil. Oleh karena itu, beton yang dibuat dengan penggunaan agregat ini mungkin kurang sesuai untuk struktur yang memiliki fokus pada kekuatan, karena ikatan antar agregatnya mungkin tidak terlalu kuat.

2. Agregat bulat sebagian atau tidak lentur

Agregat ini memiliki bentuk alami yang tidak teratur, sebagian diantaranya terbentuk melalui proses pengerasan sehingga permukaan atau sudut-sudutnya menjadi bulat. Agregat ini memiliki tingkat rongga bola yang lebih tinggi, sekitar 35%-38%, sehingga memerlukan lebih banyak pasta semen agar dapat diolah dengan mudah. Beton yang dibuat dengan penggunaan agregat ini belum mencapai mutu tinggi, karena ikatan antara agregatnya belum cukup kuat.

3. Agregat bersudut

Agregat ini memiliki sudut-sudut yang terlihat jelas, yang terbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang dengan permukaan yang kasar. Tingkat rongga udara pada agregat ini sekitar 38%-40%, sehingga memerlukan jumlah pasta semen yang lebih besar agar mudah diolah. Beton yang dihasilkan dari penggunaan agregat ini cocok untuk struktur yang memiliki penekanan pada kekuatan, karena ikatan antara agregatnya kuat.

4. Agregat panjang

Agregat ini memiliki panjang yang jauh lebih besar daripada lebar, dan lebar yang jauh lebih besar daripada tebalnya. Agregat dianggap "panjang" jika ukuran terbesarnya melebihi 9/5 dari ukuran rata-rata. Ukuran rata-rata adalah ukuran yang lolos dari ayakan dan tertahan oleh ayakan agregat. Sebagai contoh, jika ukuran rata-rata agregat adalah 15 mm, maka agregat tersebut akan lolos dari ayakan dengan ukuran 19 mm dan tertahan oleh ayakan dengan ukuran 10 mm. Agregat ini

dianggap "panjang" jika ukuran terkecil butirannya kurang dari 27 mm ( $9/5 \times 15$  mm). Penggunaan agregat jenis ini dapat memiliki dampak negatif pada mutu beton yang dihasilkan, dan kekuatan tekan dari beton tersebut akan buruk.

#### 5. Agregat pipih

Agregat dikategorikan sebagai "pipih" jika perbandingan tebalnya terhadap ukuran lebar dan panjangnya lebih kecil. Agregat pipih, seperti agregat panjang, kurang cocok untuk campuran beton berkualitas tinggi. Agregat dianggap "pipih" jika ukuran terkecilnya kurang dari  $3/5$  dari ukuran rata-ratanya.

#### 6. Agregat pipih dan panjang

Agregat ini memiliki panjang yang signifikan lebih besar daripada lebarnya, sementara lebar agregat juga jauh lebih besar daripada ketebalannya.

#### b. Jenis agregat berdasarkan ukuran butir normal

Agregat dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu agregat alami dan agregat buatan (pecahan). Agregat alami dan pecahan ini juga dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya. Berdasarkan ukuran butirannya, agregat dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

##### 1. Agregat halus

Agregat halus, yang dalam perencanaan campuran beton berfungsi sebagai bahan, adalah partikel mineral yang memiliki bentuk mendekati bulat dan memiliki ukuran butiran antara 0.075 hingga 4.75 mm. Butiran halus ini dapat ditemukan secara alami atau diproduksi melalui kegiatan penambangan di quarry.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71), terdapat persyaratan khusus untuk agregat halus yang digunakan sebagai komponen campuran beton :

- Agregat halus yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa pasir alami, yang terbentuk secara alami melalui proses desintegrasi batuan,

atau dapat juga berupa pasir buatan yang dihasilkan melalui penggunaan mesin pemecah batu.

- Agregat halus yang digunakan harus terdiri dari butiran yang tajam, keras, dan memiliki sifat yang stabil, yang berarti tidak akan mengalami kerusakan atau pecah akibat pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
- Agregat halus tidak boleh memiliki kandungan lumpur yang melebihi 5% dari berat keringnya. Di sini, lumpur merujuk pada material yang dapat melewati ayakan dengan ukuran lubang 0.063 mm. Jika kadar lumpur melebihi 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- Agregat halus tidak boleh mengandung terlalu banyak bahan organik, dan ini dapat diuji dengan menggunakan percobaan warna yang menggunakan larutan NaOH, seperti yang dijelaskan dalam metode Abram-Harder.
- 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.

## 2. Agregat kasar

Agregat kasar adalah jenis agregat di mana semua butirannya tertahan pada ayakan dengan lubang berukuran 4.8 mm (sesuai SII.0052,1980) atau 4.75 mm (sesuai ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (sesuai BS.812,1976). Persyaratan agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton sesuai dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71) adalah sebagai berikut:

- Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil yang terbentuk secara alami melalui proses desintegrasi batuan atau dapat juga berupa batu pecah yang diperoleh melalui penggunaan mesin pemecah batu.
- Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak memiliki pori. Agregat kasar yang mengandung butiran pipih hanya boleh

digunakan jika jumlah butiran pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat total agregat.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat keringnya. Di sini, lumpur merujuk pada material yang dapat melewati ayakan dengan ukuran lubang 0.063 mm. Jika kadar lumpur melebihi 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang memiliki reaktivitas alkali.

Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh melebihi  $\frac{1}{5}$  dari jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan,  $\frac{1}{3}$  dari tebal plat, atau  $\frac{3}{4}$  dari jarak bersih minimum di antara batang-batang tulangan. Pengecualian dari pembatasan ini dapat diperbolehkan jika pengawas ahli berpendapat bahwa teknik pengecoran beton dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak akan ada celah-celah besar untuk kerikil.

Air adalah bahan dasar penting dalam pembuatan beton. Air digunakan untuk bereaksi dengan semen dan sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar mudah diolah dan dipadatkan. Kandungan air yang rendah akan membuat beton sulit diolah (tidak mudah mengalir), sedangkan kandungan air yang tinggi akan mengurangi kekuatan beton dan membuatnya porous.

Air yang digunakan dalam campuran beton harus bersih dan tidak mengandung minyak, asam, alkali, bahan organik, atau zat lain yang dapat merusak beton. Dalam penggunaan air untuk beton, air sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter

Untuk perawatan beton, air yang digunakan dapat berasal dari air yang digunakan untuk pencampuran beton. Namun, air ini harus bebas dari kontaminan yang dapat menyebabkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan beton. Besi dan zat-zat organik dalam air biasanya menjadi penyebab utama kontaminasi atau perubahan warna, terutama jika proses perawatan berlangsung cukup lama.

### **II.2.3 Air**

Air memiliki peran yang sangat penting dalam campuran beton karena bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta, yang berfungsi sebagai pengikat bahan lain seperti agregat kasar dan agregat halus. Pasta ini terbentuk melalui reaksi kimia antara air dan semen. Kualitas air memiliki dampak yang signifikan pada kekuatan beton, dan ini berkaitan dengan komponen-komponen yang terdapat dalam air tersebut. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa air yang digunakan dalam campuran beton tidak menyebabkan pembentukan rongga dalam beton, retak pada permukaan beton, atau korosi pada tulangan yang dapat membuat beton menjadi rapuh. Berikut adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam hal kualitas air untuk beton:

1. Kandungan lumpur dalam air harus dijaga agar tidak melebihi 2 gram per liter, karena hal ini dapat mengurangi daya lekat dan menyebabkan pembengkakan saat campuran beton dipersiapkan (terutama ketika air mencampur dengan semen), serta penyusutan saat beton mengeras karena lumpur yang terlarut dalam air akan berkurang.
2. Kandungan garam dalam air tidak boleh melebihi 15 gram, karena tingginya kandungan garam dapat meningkatkan risiko korosi pada beton.
3. Kandungan klorida dalam air tidak boleh melebihi 0,5 gram per liter, karena dapat menyebabkan korosi pada tulangan beton.
4. Kandungan senyawa sulfat dalam air tidak boleh melebihi 1 gram per liter, karena hal ini dapat mengurangi kualitas beton, menyebabkan kerapuhan, dan melemahkan struktur beton.

5. Kandungan minyak dalam air tidak boleh melebihi 2% dari berat semen, karena dapat mengurangi kekuatan tekan beton sebesar 20%.
6. Kandungan gula dalam air tidak boleh melebihi 2% dari berat semen, karena hal ini dapat mengurangi kekuatan tekan beton pada umur 28 hari.
7. Air harus tidak mengandung zat organik seperti rumput atau lumut yang mungkin terbawa oleh air, karena hal ini dapat mengurangi daya lekat dan menyebabkan pembentukan rongga dalam beton.

### **II.3 Slump Test**

Slump test adalah salah satu metode untuk mengukur kecairan atau konsistensi dari campuran beton segar. Nilai slump yang dihasilkan dari tes ini mencerminkan tingkat kekentalan atau kepadatan campuran beton. Semakin rendah nilai slump, semakin kental kondisi beton segar di lapangan, sedangkan semakin tinggi nilai slump, semakin cair kondisi betonnya. Tes slump dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana campuran beton dapat dengan mudah diolah. Dalam tes ini, digunakan alat berbentuk kerucut terpancung dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan pegangan untuk mengangkat beton segar, serta tongkat pemadat berdiameter 16 mm dengan panjang 60 cm (Mulyono, 2004).

Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan tes slump:

1. Persiapkan alat slump, termasuk alat centong untuk mengisi campuran beton ke dalam alat uji slump.
2. Bagi volume total campuran beton menjadi tiga bagian.
3. Hitung tinggi masing-masing lapisan: lapisan pertama sekitar 7 cm, lapisan kedua sekitar 9 cm, dan sisanya merupakan lapisan ketiga.
4. Isi alat slump dengan campuran beton secara hati-hati hingga mencapai tinggi  $\frac{1}{3}$  dari total volume alat.
5. Padatkan setiap lapisan dengan menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.

6. Ulangi proses yang sama untuk mengisi lapisan kedua dan ketiga dengan campuran beton.
7. Angkat alat slump dengan hati-hati, pastikan alat tidak miring saat diangkat, dan biarkan alat melepaskan campuran beton.
8. Letakkan alat slump di samping campuran beton.
9. Ukur tinggi rata-rata slump dengan mengukur perbedaan tinggi antara permukaan alat dan permukaan campuran beton.



Gambar II. 1 Alat Uji Lump test

#### II.4 Wiremesh

Wiremesh merupakan material yang terbuat dari besi dan berbentuk jaring-jaring persegi. Wiremesh ini biasa digunakan sebagai rangkaian besi pada berbagai macam konstruksi, mulai dari pengecoran jalan, dak rumah, hingga lantai bangunan. Wiremesh berfungsi untuk memperkuat struktur bangunan. Wiremesh seringkali disebut sebagai anyaman besi karena bentuknya yang mirip seperti pola jajaran genjang seperti jaring. Pada dasarnya, *wiremesh* ini adalah serangkaian besi panjang yang disambung menjadi jaring-jaring menggunakan teknik las.

Adabanyak jenis *wiremesh* yang beredar di pasaran. Jenis *wiremesh* sendiri dapat dibagi berdasarkan beberapa hal, seperti bentuk, proses pembuatannya, *finishing*, dan material yang digunakan. Berikut ini adalah berbagai macam jenis *wiremesh* yang dapat ditemui di pasaran.

1. Berdasarkan bentuk

Anda dapat menemukan berbagai jenis *wiremesh*, yang masing-masing dapat memenuhi berbagai macam kebutuhan konstruksi. Berdasarkan bentuknya, ada dua jenis besi *wiremesh* yang bisa ditemukan di pasaran, yaitu:

- Lembaran (*sheet*)

*Wiremesh* lembaran umumnya memiliki dimensi lebar sepanjang 2,1 meter dengan panjang 5,4 meter. Jumlah besi yang dipanjangkan adalah 15 buah, sedangkan besi yang dipasang secara melebar adalah 36 buah. Pertemuan kedua besi tersebut membuat sebuah persegi dengan ukuran kurang lebih 15 x 15 cm

- Gulungan (Roll)

*Wiremesh* gulungan sebenarnya adalah kumpulan dari berbagai jenis *wiremesh* lembaran yang kemudian digulung. Jenis *wiremesh* gulungan ini memiliki ukuran 54 meter, atau 10 kali lipat lebih besar dari *wiremesh* lembaran. Jumlah besi yang dipanjangkan masih sama dengan jenis *wiremesh* lembaran yaitu 15 buah. Hanya saja, jumlah besi yang dipasang melebar adalah 360 buah, atau 10 kali lipat lebih banyak dari *wiremesh* lembaran.

a) Berdasarkan bentuk

Berdasarkan proses pembuatannya *wiremesh* dapat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu *woven* (dianyaman) dan *welded* (dilas). Kedua jenis *wiremesh* tersebut memiliki keunggulan dan fungsinya masing-masing.

1. *Woven Wiremesh*

*Wiremesh* anyaman adalah *wiremesh* yang dibuat menggunakan sejumlah kawat logam yang dianyam ke dalam pola tertentu. Saat menganyam kawat logam ini, parameter seperti diameter kawat, ukuran bukaan, rating mikron, pola tenun, lebar, dan panjang dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik. Di pasaran Indonesia, *wiremesh* yang dibuat melalui proses anyaman masih jarang ditemukan. Biasanya, *wiremesh* yang dibuat melalui proses las lebih sering ditemukan di Indonesia.

## 2. Welded Wiremesh

Wiremesh las merupakan serangkaian kawat baja yang dilas pada penampang kawat menggunakan salah satu dari beberapa teknik pengelasan, seperti TIG dan pengelasan titik. Ketika kawat yang akan dijadikan wiremesh sedang dalam proses pengelasan menyeluruh, ukuran bukaan mesh, sebagian besar, akan menjadi permanen dan tidak dapat diubah nantinya

### b) Berdasarkan finishing dan material yang digunakan

“*Finishing*” dan material yang digunakan oleh wiremesh biasanya menjadi penentu utama dari jenis wiremesh. Berikut ini adalah jenis-jenis wiremesh berdasarkan finishing dan material yang digunakan.

### c) Wiremesh Welded AFTER Galvanization

Sesuai dengan namanya, jenis wiremesh yang satu ini dilakukan finishing galvanis terlebih dahulu baru setelah itu dilas, jadi lapisan seng akan terkena pada titik pengelasan. wiremesh ini akan dilas pada titik horizontal dan vertikal. Penggunaan yang paling umum dari jenis wiremesh ini adalah di sekitar taman, toko komersial, atau tempat umum lainnya.

### d) Wiremesh Welded BEFORE Galvanization

Jenis wiremesh ini akan dilas terlebih dahulu, setelah itu baru dicelupkan ke dalam seng cair secara menyeluruh untuk menyegel struktur kawat. Hal tersebut dapat melindungi wiremesh ini dari karat dan korosi serta membuatnya memiliki masa pakai yang lebih lama. Sama seperti jenis wiremesh sebelumnya, harga dari wiremesh ini relatif lebih mahal dan biasa digunakan untuk kandang, maupun tempat yang lembap seperti pada kapal.

### e) Vinyl Coated Wire Mesh

Jenis wiremesh ini dilapisi dengan PVC atau polyester setelah dilas atau ditenun terlebih dahulu. Lapisan PVC yang dipasang akan melindungi wiremesh dari karat dan korosi.

### f) Stainless Steel/Alloy Wire Meshes

Jenis wiremesh ini dikenal karena sifatnya yang unik dan umurnya yang panjang. wiremesh ini sering digunakan di daerah pesisir karena ketahanannya akan karat dan cahaya matahari.

## II.5 Kuat lentur balok

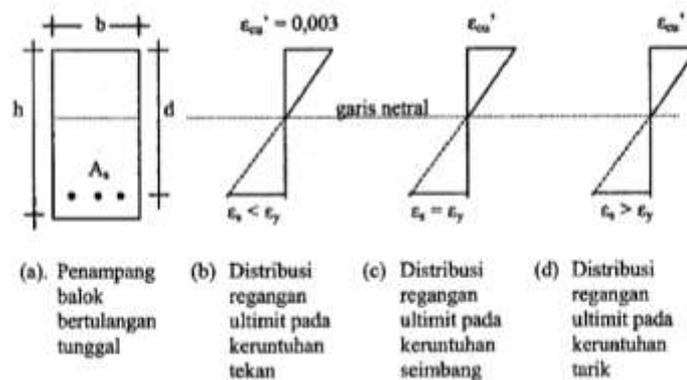
Kekuatan lentur balok beton adalah kapasitas balok beton yang ditempatkan pada dua titik penyangga untuk menahan gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu benda uji tersebut, hingga balok tersebut mengalami kegagalan. Kekuatan lentur ini diukur dalam Mega Pascal (MPa), yaitu gaya per satuan luas, sesuai dengan standar SNI 0-4431-1997.

yang digunakan berupa balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm. Dan adapun untuk mengevaluasi kekuatan lentur balok yaitu antara lain.

- 1 Pertimbangkan tingkat kekuatan beton yang diinginkan dan buat contoh tanpa tulangan dengan ukuran 12 inci x 4 inci x 4 inci. Selanjutnya, rawat contoh tersebut dalam larutan yang telah disiapkan selama 26-28 hari.
2. Sebelum melakukan pengujian kekuatan lentur, rendam contoh dalam air pada suhu 25 derajat Celsius selama 48 jam.
- 3 Lakukan uji lentur pada benda uji segera setelah mengeluarkannya dari air dalam keadaan basah.
- 4 Untuk menentukan posisi penyangga rol, tandai garis referensi pada jarak 2 inci dari kedua tepi spesimen.
- 5 Penyangga rol berfungsi sebagai balok yang mendukung sederhana. Beban diterapkan secara bertahap pada sumbu balok.
- 6 Beban terus ditingkatkan hingga mencapai kecepatan peningkatan tegangan pada serat ekstrem pada balok sebesar 98 lb./sq. dalam setiap menit.
- 7 Beban diterapkan secara terus-menerus hingga benda uji mengalami kerusakan, dan nilai beban maksimum kemudian dicatat.

Berikut adalah beberapa bentuk kerusakan yang mungkin terjadi pada balok beton bertulang:

1. Keruntuhan tarik (Tensile Failure) terjadi pada balok dengan jumlah tulangan yang terbatas, sehingga saat beban maksimum bekerja, baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya sementara beton masih belum mencapai regangan maksimumnya sebesar 0.003. Balok dalam kondisi seperti ini memiliki karakteristik yang bersifat plastis.
2. Keruntuhan seimbang (Balanced Failure) terjadi pada balok dengan jumlah tulangan yang seimbang, sehingga saat beban maksimum bekerja, baja tulangan dan beton hancur secara bersamaan (tulangan sudah mencapai regangan lelehnya dan beton sudah mencapai regangan maksimum sebesar 0.003). Balok dalam kondisi keruntuhan seperti ini memiliki sifat yang rapuh.
3. Keruntuhan tekan (Compression Failure) terjadi pada balok dengan jumlah tulangan yang banyak, sehingga saat beban maksimum bekerja, baja tulangan belum mencapai regangan lelehnya, sementara beton sudah hancur (beton sudah mencapai regangan maksimum sebesar 0.003). Balok dalam kondisi keruntuhan seperti ini memiliki sifat yang rapuh.



Gambar II. 2 Jenis – jenis keruntuhan lentur

## II.6 Pola retak pada balok

Retakan dapat disebabkan oleh variasi tegangan yang tidak merata, perubahan volume akibat penyusutan, perubahan arah beban, perbedaan komposisi kimia, dan perubahan suhu. Di lapangan, pola retakan dapat bervariasi antara satu dan lainnya karena perbedaan dalam tegangan tarik yang disebabkan oleh beban, momen, dan

geser. Retakan biasanya dimulai sebagai retakan permukaan yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Jika beban diterapkan secara berkelanjutan, retakan rambut dapat merambat, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kegagalan atau keruntuhan struktur (Restian, 2008). Pada balok dengan tulangan memanjang, diperlukan tulangan geser secara melintang untuk mencegah pembentukan retakan miring. Secara umum, ada tiga jenis retakan yang terjadi pada balok, yaitu:

1. Retakan lentur (flexural crack) terbentuk hampir vertikal pada bagian yang mengalami momen lentur yang signifikan.
2. Retak geser lentur (flexural shear crack) terjadi di wilayah balok yang sebelumnya mengalami retakan lentur. Ini bisa dianggap sebagai retakan diagonal yang merambat dari retakan lentur yang terbentuk sebelumnya.
3. Retak tarik diagonal (web shear crack) terbentuk pada garis netral. Ini terjadi ketika gaya geser mencapai nilai maksimum sedangkan tegangan aksial sangat rendah.

## **II.7 Penilaian Terdahulu**

Beberapa hasil penelitian terdahulu yang terkait antara lain sebagai berikut

- A. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hery Dualembang (2014) dalam studi mengenai perkuatan lentur pada balok beton bertulang menggunakan metode retrofit wiremesh dan SCC, dapat disimpulkan sebagai berikut: Penggunaan lapisan wiremesh dan SCC telah meningkatkan kapasitas beban pada balok WK sebesar 6.44% dan pada balok WB sebesar 40.06% dibandingkan dengan balok yang tidak mengalami perkuatan. Pada balok kontrol, retakan utamanya adalah retakan lentur, sementara pada balok yang telah diperkuat, terdapat retakan lentur dan geser. Hal ini terjadi karena lapisan wiremesh dan SCC telah meningkatkan kemampuan balok dalam menahan gaya lentur yang diberikan, tetapi peningkatan kekuatan ini membuat tulangan geser tidak mampu menahan gaya geser yang terjadi. Pada balok WK, kegagalan terjadi pada wiremesh yang putus karena tidak mampu menahan beban yang

diberikan pada balok. Ini menunjukkan bahwa lapisan SCC memberikan ikatan yang kuat pada wiremesh dan balok eksisting. Sementara itu, pada balok WB, wiremesh mampu menahan beban yang diberikan pada balok hingga inti beton mengalami kerusakan akibat tekanan yang diberikan.

- B. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yanny Febry Fitriani Sofyan (2018) mengenai keterbatasan alat transportasi dalam pengangkutan tulangan yang membatasi panjangnya hingga maksimum 12 meter, maka dalam praktik industri, seringkali diperlukan penyambungan tulangan saat melakukan pekerjaan beton. Balok, sebagai komponen struktural yang panjang dan berkelanjutan, seringkali memerlukan penyambungan tulangan. Ketika beban eksternal diterapkan secara berkelanjutan, ini dapat menyebabkan kegagalan pada elemen struktural saat kapasitas elemen tersebut tercapai. Untuk memulihkannya agar dapat digunakan kembali, balok tersebut perlu diperbaiki dan diperkuat. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap perilaku lentur balok beton bertulang dengan penyambungan tulangan pada sepertiga bentangannya, menggunakan wiremesh yang dikombinasikan dengan penggunaan Self Compacting Concrete (SCC) sebagai bahan retrofit. Benda uji berupa balok dengan ukuran 15 x 20 x 270 cm dibuat dalam tiga variasi: balok normal tanpa penyambungan (BN), balok beton normal dengan penyambungan pada sepertiga bentangan (BS), dan balok dengan penyambungan pada sepertiga bentangan yang diperkuat dengan wiremesh dan SCC (BSW). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kapasitas beban lentur sebesar 17,09% pada BSW jika dibandingkan dengan BN, dan peningkatan sebesar 32,39% jika dibandingkan dengan BS. Selain itu, BSW memiliki karakteristik yang lebih kuat daripada BN dan BS. Hal ini mengindikasikan bahwa penguatan balok menggunakan wiremesh dan SCC dapat meningkatkan kekuatan lentur dari balok tersebut. Pola retakan pada ketiga variasi balok menunjukkan bahwa balok mengalami kegagalan lentur, dengan mode kegagalan yang terjadi adalah debonding failure pada balok yang diperkuat dengan wiremesh dan SCC.

- C. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Fajar (2020), mengingat penggunaan beton bertulang baja yang semakin umum sebagai bahan utama dalam konstruksi, ada kebutuhan untuk mengeksplorasi opsi penggantian material komponen baja dengan bambu takikan. Penelitian ini bertujuan untuk menggantikan material baja dengan bambu takikan, khususnya menggunakan bambu jenis bulupering yang tumbuh di daerah Kabupaten Gowa-Sulawesi Selatan dengan takikan tipe V. Selain penggantian bahan tulangan baja dengan bambu takikan, sampel balok beton dengan dimensi 200 x 150 x 3000 mm akan diretrofit dengan penggunaan wiremesh dan self compacting concrete (SCC) untuk mengamati peningkatan kapasitas beban lentur yang terjadi pada balok dengan tulangan bambu. Pengujian utama dalam penelitian ini adalah pengujian beban statis dengan metode two point load. Hasil dari pengujian beban statis menunjukkan peningkatan kapasitas beban lentur sebesar 18,82% untuk sampel balok dengan jarak tulangan bambu takikan 40 mm, dan peningkatan sebesar 6,29% untuk sampel balok dengan jarak tulangan bambu takikan 20 mm. Selain meningkatkan kapasitas beban maksimum, pemberian retrofit berupa wiremesh dan self compacting concrete (SCC) pada beton dengan tulangan bambu juga mampu meningkatkan kapasitas beban pada daerah elastis pada kurva hubungan antara beban dan lendutan serta hubungan antara beban dan regangan beton.
- D. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Dwiyana Afandi Baddu (2020) mengenai kekuatan balok beton SCC menggunakan wiremesh pada daerah lentur dan geser, tujuannya adalah untuk membandingkan peningkatan kekuatan lentur pada balok beton yang diperkuat dengan wiremesh pada kombinasi daerah lentur dan geser dibandingkan dengan balok beton yang tidak diperkuat. Hasil perbandingan antara kekuatan lentur pada balok normal dan balok dengan wiremesh pada usia perendaman 28 hari menunjukkan bahwa untuk balok normal (BN), kekuatan lentur rata-rata adalah 5,15 MPa, sedangkan untuk balok dengan wiremesh (BW), kekuatan lentur rata-rata adalah 8,36 MPa.

E. Hasil penelitian yang dilakukan oleh A. Arwin Amiruddin (2014) dalam studi mengenai metode retrofit dengan menggunakan wiremesh dan SCC untuk meningkatkan kekuatan lentur pada balok beton bertulang menunjukkan bahwa kapasitas lentur balok yang diperkuat dengan wiremesh dapat diidentifikasi sebagai berikut: 1). Untuk balok dengan satu lapis penuh wiremesh berdiameter 2,3 mm dan memiliki spasi 25 mm serta dilapisi SCC setebal 25 mm sepanjang bentang (tipe WK), kapasitas lenturnya mencapai 26,989 kN 2). Sementara itu, pada balok dengan satu lapis penuh wiremesh berdiameter tulangan 3 mm dan memiliki spasi 50 mm sepanjang balok (tipe WB), kapasitas lenturnya mencapai 35,513 kN. Untuk perbandingan, hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas lentur tanpa perkuatan pada balok adalah sebesar 25,358 kN.

## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

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

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan juni 2023. Lokasi penelitian ini merupakan wilayah yang menjadi patokan wilayah penelitian ini berlangsung. Adapun Lokasi penelitian ini akan dilaksanakan di jln. Prof Abdulrahman Basalamah No. 101, Karampuang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

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

Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Timbangan dengan kepekaan 0,1 gr dan 0,5 gr.
2. Oven (pengering agregat) dengan pengaturan suhu ( $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ ).

3. Satu set saringan (ayakan) 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 (*Mixer Concrete*).
6. Cetakan benda uji berupa balok berukuran 15 cm x 15 cm x 60
7. Alat pengujian slump test (Kerucut Abrams).
8. Mesin pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

Alat bantu lainnya yang digunakan yaitu:

- a. Talam yang digunakan sebagai tempat untuk menyimpan bahan-bahan atau agregat saat pengujian karakteristik agregat.
- b. Sendok semen digunakan sebagai alat untuk mengaduk campuran beton segar.
- c. Botol ukur dengan kapasitas 2000 ml dan kapasitas 70 ml untuk penakaran air.
- d. Kuas digunakan untuk membersihkan sisa-sisa bahan yang terdapat pada alat-alat yang telah digunakan.
- e. Bak perendam digunakan sebagai tempat untuk merendam beton.

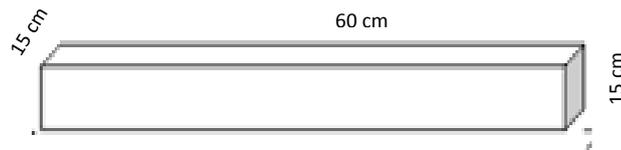
Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Semen *Portland* (PC).
2. Agregat yang terdiri dari agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) sesuai dengan standar SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990.
3. Air tawar.
4. Bahan tambah (*superplasticizer*).
5. Wiremesh berdiameter 3 mm.

### III.3 Benda Uji

pada penelitian ini, benda uji yang digunakan berbentuk balok beton dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm. benda uji yang dibuat yaitu berupa balok beton menggunakan wiremesh

sketsa benda uji dapat dilihat pada gambar III.1



Gambar III. 1 Sketsa Benda Uji Balok Beton Beton

Tabel III. 1 Benda Uji Balok Beton (15 x 15 x 60)

No	Lama perendaman	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	28 hari	BN	3
2	28 hari	BNW	3
Jumlah			6

Catatan : BN : Beton Normal, BNW : Beton Normal Wiremesh

### III.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui metode eksperimental, yang mengharuskan pelaksanaannya dilakukan secara terstruktur dan terarah agar menghasilkan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan. Proses penelitian ini melibatkan serangkaian langkah-langkah yang tertata dengan jelas, dimulai dari persiapan material, pemeriksaan material, penentuan komposisi campuran, pembuatan benda

uji, perawatan, hingga pengujian benda uji. Semua tahap ini dijalankan sesuai dengan standar peraturan pelaksanaan beton yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium.

Adapun hal yang juga membantu mendapatkan hasil yang baik dalam penelitian yaitu kerja sama. Kerja sama merupakan suatu perbuatan bantu-membantu akan suatu perbuatan yang dilakukan secara bersama-sama untuk mencapai tujuan bersama (Mahyuddin, dkk, 2021). Diantara makna tujuan bersama yaitu arah atau sasaran yang dicapai. Tujuan menggambarkan tentang apa yang akan dicapai atau diharapkan. Tujuan merupakan titik akhir tentang apa yang harus dikerjakan (Mahyuddin, dkk, 2021).

#### **III.4.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

##### **a. Tahap I (Tahap Persiapan)**

Untuk memastikan bahwa penelitian berjalan dengan sukses dan sesuai dengan jadwal, instrumen dan sumber daya yang diperlukan disiapkan. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan cetakan benda uji untuk balok.

##### **b. Tahap II (Pengujian karakteristik)**

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian bahan penyusun beton berupa agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir). Dari pengujian ini, kemudian didapatkan hasil apakah material yang akan dipakai memenuhi syarat atau tidak.

##### **1. Pengujian agregat halus (pasir)**

Pada pengujian agregat halus mengacu pada SNI Tabel 3.1 disajikan pengujian agregat halus.

Tabel III. 2 Pengujian Agregat Halus

<b>No</b>	<b>Jenis Pengujian</b>	<b>Spesifikasi</b>
1	Kadar Lumpur (%)	0,20 – 5
2	Kadar Air (%)	3 – 5
3	Berat Volume	1,40 – 1,90

	Kondisi Lepas (Kg/Lt) Kondisi Padar (Kg/Lt)	1,40 – 1,90
4	Berat Jenis Bj. Nyata (Gr) Bj. Dasar Kering (Gr) Bj. Kering Permukaan (Gr) Absorpsi (%)	1,60 – 3,30 1,60 – 3,31 1,60 – 3,32 0,20 – 2
5	Modulus Kehalusan	2,30 – 3,10
6	Kadar Organik	< No.3

## 2. Pengujian agregat kasar

Pada pengujian agregat kasar mengacu pada SNI Tabel 3.2 di sajikan pengujian agregat kasar

Tabel III. 3 Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi
1	Kadar Lumpur (%)	Maks. 1
2	Kadar Air (%)	0,50 -2
3	Berat Volume Kondisi Lepas (Kg/Lt) Kondisi Padar (Kg/Lt)	1,60 – 1,90 1,60 – 1,90
4	Berat Jenis Bj. Nyata (Gr) Bj. Dasar Kering (Gr) Bj. Kering Permukaan (Gr) Absorpsi (%)	1,60 – 3,33 1,60 – 3,34 1,60 – 3,35 Maks. 4
5	Modulus Kehalusan	6 – 7,10
6	Kadar Organik	Maks. 50

Sumber : Standar Nasional Indonesia

c. Tahap IV (Pembuatan benda uji)

Pada fase pembuatan sampel uji ini akan dipakai proses pencampuran beton segar dan dilakukan berdasarkan hasil nilai dari perencanaan *Mix Design*.

d. Tahap V (*Curing* atau perawatan pada beton)

Dalam tahap ini, peneliti akan melaksanakan proses *Curing* atau perawatan dengan menggunakan air tawar. Perawatan ini bertujuan untuk mencegah terganggunya proses hidrasi selanjutnya. Jika proses ini tidak terjaga, beton dapat mengalami keretakan akibat kehilangan air dengan cepat. Perawatan ini melibatkan perendaman benda uji dalam air selama periode 28 hari.

e. Tahap VI (Tahap pengujian benda uji)

Pada proses ini dilakukan uji Perkuatan Wiremesh Terhadap Balok Beton Pada Kombinasi Daerah Lentur Dan Daerah Tumpuan pada benda uji balok beton. Pengujian kuat lentur di uji pada umur 28 hari, dilakukan pada Laboratorium Teknik Universitas Hasanuddin.

f. Tahap VII (Tahap kesimpulan)

Pada tahap ini dilakukan suatu kesimpulan berdasarkan data yang telah dianalisis dan dikumpulkan yang berhubungan dengan tujuan penelitian ini.

### **III.4.2 Pembuatan Benda Uji**

Perencanaan pembuatan benda uji untuk balok beton dengan menggunakan wiremesh sebagai pengganti tulangan pada daerah kombinasi lentur dan daerah lentur balok beton, dengan menggunakan agregat antara lain pasir, kerikil. Semen yang digunakan adalah semen Portland dengan komposisi dari tonasa diuji di laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar.

### **III.3.3 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji**

pengujian balok dilakukan dengan memanfaatkan beban dua titik pada sampel benda uji menggunakan pembebanan monotonik dan kecepatan aktuator ramp konstan 0,05 mm/s. Pengujian lentur dilakukan untuk mengukur kuat lentur

beton dengan menggunakan benda uji yang berukuran 10 cm x 12 cm x 60 cm. Daerah tekan pada balok dibebani sampai hancur dan telah mencapai beban maksimum. Beban di mana benda uji pecah adalah beban tertinggi P yang diukur selama pengujian ini. Hal ini juga digunakan untuk menghitung kekuatan lentur.

Berikut ini adalah prosedur untuk menentukan kekuatan lentur beton :

1. Pastikan benda uji ker ing.
2. Ukur bentang pada balok dalam posisi simetris membujur dan ubah posisi roda baja bawah untuk mengakomodasi benda uji.
3. Beban garis diterapkan pada balok pada jarak  $1/3$  dari susunan simetrisnya pada kedua tumpuan mesin uji lentur.
4. Nyalakan alat uji kuat lentur, kemudian berikan gaya mantap tanpa beban kejut sampai terjadi keruntuhan.
5. Perhatikan ukuran terbesar yang digunakan dalam perhitungan.

### **III.5 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data nantinya akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar, diantaranya proses pengujian benda uji berupa data hasil dari pengujian kuat lentur balok beton.

### **III.6 Pengelohan Data**

Pada proses pengolahan data ada dua hal yang perlu dilakukan ketika melakukan pengolahan data (Mahyuddin, dkk, 2021):

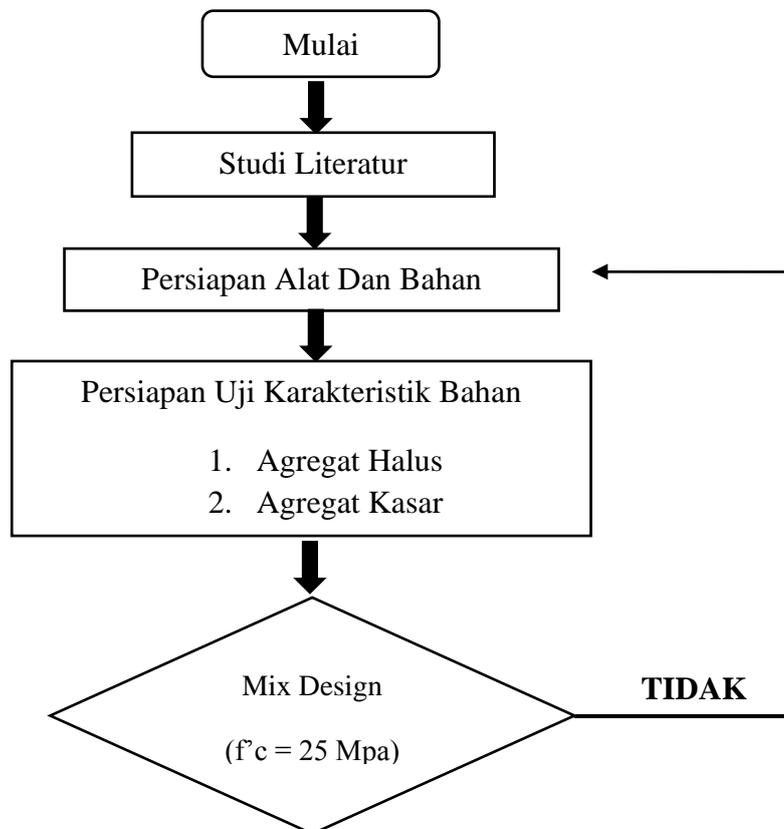
- a. Entry data, atau memasukkan data dalam proses tabulasi,
- b. Melakukan revisi data yang telah diatur dalam tabel guna menghindari kesalahan saat memasukkan data, serta untuk memastikan penempatan yang tepat pada kolom dan baris yang sesuai.

### **III.7 Analisa Data**

Analisa data untuk menentukan karakteristik bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini berdasarkan spesifikasi SNI, khususnya untuk

menentukan karakteristik pada agregat. Perencanaan mix design menggunakan Trial Mix dibuat dalam bentuk table dan gambar yang kemudian dianalisa menggunakan Microsoft Office Excel. Tujuan dari Analisa karakteristik bahan-bahan yang akan digunakan untuk mengetahui jika bahan-bahan tersebut telah lolos spesifikasi yang telah diisyaratkan. Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari tujuan penelitian ini untuk mengetahui maanfaat wiremesh sebagai pengganti tulangan balok pada daerah lentur balok beton yang memanfaatkan wiremesh sebagai tulangan yang diletakkan pada daerah lentur dan daerah tumpuan dan lapangan pada balok dan juga untuk mengetahui perbandingan antara balok beton normal tanpa menggunakan wiremesh.

#### VIII.6 Bagan Alur Penelitian





**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**IV.1 Karakteristik Material Beton**

Pengujian karakteristik material beton di lakukan di laboratorium teknik sipil Universitas Fajar. Adapun yang di uji yakni karaktristik agrergat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang bertujuan untuk mengetahui jenis agregat yang digunakan telah lolos spesifikasi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia, pada karakteristik material beton ini terdiri dari agregat kasar dan agregat halus.

**IV.1.1 Pengujian Karakteristik**

Tabel IV. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus(pasir) dan Agregat Kasar(kerikil)

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 (%)	3 - 5	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						
	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

Sumber : Hasil pengolahan data, 2023

Tabel IV. 2 Analisa saringan agregat halus

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
3/4"	0	0	0	100
1/2"	0	0	0	100
No. 3/8	0	0	0	96,38
No. 4	0	0,00	0,00	93,78
No.8	3	0,30	0,30	82,15
No. 16	7	0,70	1,00	27,78
No. 50	880	88,00	89,00	11,00
No.100	87	8,70	97,70	2,30
pan	23	2,30	100,00	0,00
<b>Jumlah</b>	<b>1000</b>	<b>100,00</b>	<b>288,00</b>	<b>-</b>

Sumber : Hasil pengolahan data

Tabel IV. 3 Analisa saringan agregat kasar

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAHAN	PERSEN TERTAHAHAN	$\Sigma$ PERSEN TERTAHAHAN	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>

Sumber : Hasil pengolahan data

Pengujian karakteristik dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar. Pengujian kadar dan agregat halus mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Berdasarkan Tabel IV.1 hasil pengujian karakteristik agregat sebagian besar memenuhi standar spesifikasi SNI. Sehingga material agregat dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton. Untuk hasil pengujian absorsi pada pasir yang tidak memenuhi standar spesifikasi SNI, maka material pasir harus dilakukan treatment dengan cara menjemur pasir tersebut sampai kering. Sehingga diperoleh nilai absorsi yang diharapkan.

#### IV.1.2 Rancangan Campuran Balok Beton

Pada penelitian ini mutu beton yang direncanakan sebesar 25 Mpa. Penelitian ini menggunakan wiremesh sebagai pengganti tulangan pada balok beton. Komposisi campuran beton dapat dilihat pada tabel IV.2

Tabel IV. 4 Rancangan Campuran Balok Beton

Material	Berat Material (kg/m <sup>3</sup> )	Rasio Terhadap Berat Semen	Berat Untuk 1 Benda Uji (Kg) (Lamp. D)
Air	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

Sumber : Hasil pengolahan data 2023

### IV.3 Slump Test

*Slump test* merupakan pengukuran tingkat konsistensi dari adonan baru di buat sebelum digunakan. *slump test* di lakukan untuk mengecek kemampuan beton ketika diaplikasikan pada pembuatan struktur . Pada penelitian ini rata-rata nilai slump yang di dapatkan yaitu 10 cm.



Gambar IV. 1 Pengujian slump Test

### IV.4 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kekuatan lentur dilakukan pada balok beton yang sudah mencapai usia 28 hari. Sampel yang diuji adalah balok beton dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Pengujian ini mencakup dua jenis balok beton, yaitu balok beton tanpa perkuatan (3 benda uji) dan balok dengan wiremesh (3 benda uji).

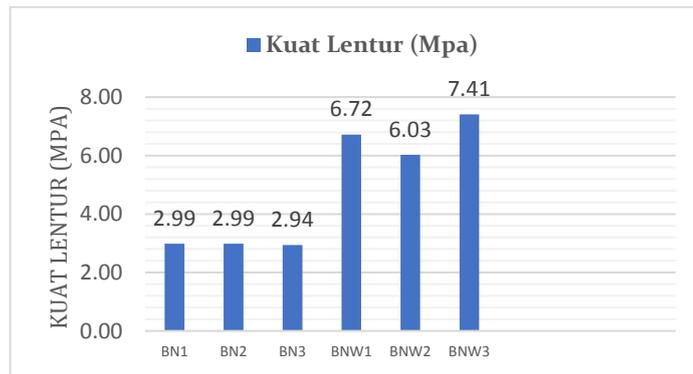
Metode pengujian melibatkan penggunaan peralatan uji kuat lentur digital hydraulic concrete beam, di mana benda uji ditempatkan dalam posisi horizontal. Kemudian, benda uji diberi beban hingga terjadi retak atau patah, menunjukkan bahwa benda uji tidak mampu menahan beban yang diberikan. Hasil pengujian balok beton dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel IV. 5 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Normal (BN) dan Balok Beton Wiremesh (BW)

Nama Sampel	Nomor sampel	Panjang bentang	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Kuat lentur		
					(KN)	(MPa)	Rata-rata (MPa)
BN	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	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	

Sumber : Hasil pengolahan data

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur pada balok beton normal rata-rata sebesar 2,972 Mpa dan pada balok beton dengan perkuatan wiremesh sebesar 5.013. Perkuatan ini mengalami peningkatan sebesar 2.041 Mpa. Nilai kuat lentur pada balok beton normal sebesar 2,972 Mpa > 5.013 Mpa. Peningkatan nilai kuat lentur ini di sebabkan karena adanya penambahan wiremesh sebagai pengganti tulangan pada daerah lentur dan daerah tumpuan.



Gambar IV. 2 Diagram Kuat Lentur Balok Beton Normal dan Balok Wiremesh

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan hasil perhitungan pada tabel IV.3 menunjukkan bahwa perbandingan kuat lentur antara beton normal dan peton dengan perkuatan wiremesh balok beton yaitu : Beton normal (BN<sup>1</sup>) dengan kekuatan lentur sebesar 2,987 Mpa, Beton normal (BN<sup>2</sup>) sebesar 2,987 Mpa, dan kekuatan lentur balok normal (BN<sub>3</sub>) sebesar 2,944 Mpa. Sedangkan kekuatan lentur pada balok beton dengan perkuatan wiremes (BW<sup>1</sup>) sebesar 4.587 Mpa, Beton Wiremesh (BW<sub>2</sub>) 6,027 sebesar Mpa, dan Beton Wiremesh (BW<sub>3</sub>) sebesar 4,427 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan penambahan wiremesh pada balok beton dapat meningkatkan nilai kuat lentur pada balok beton.

Sebelum di uji

Setalah di uji



Gambar IV. 3 Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Normal

Sebelum di uji

setelah di uji

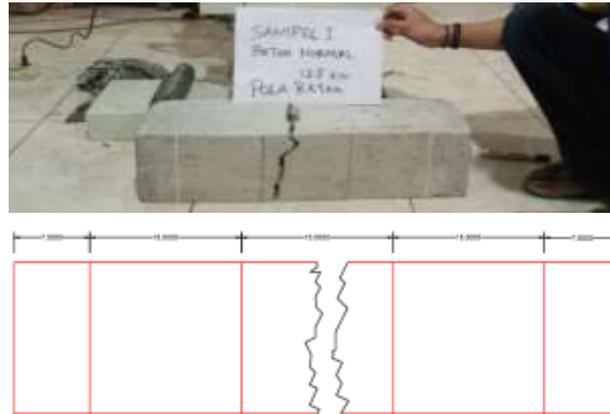


Gambar IV. 4 Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Normal Wiremesh

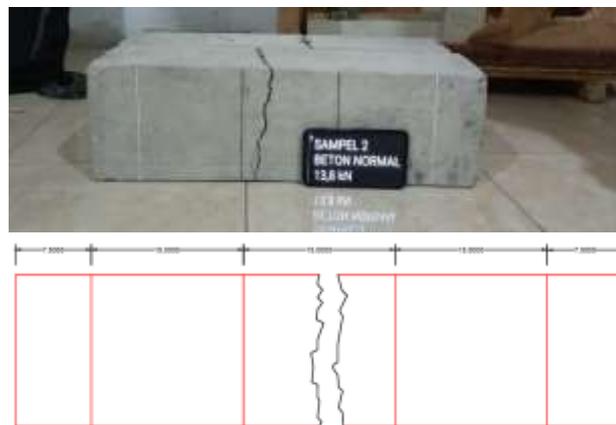
## IV.5 Pola Retak

### IV.5.1 Pola Retak Beton Normal

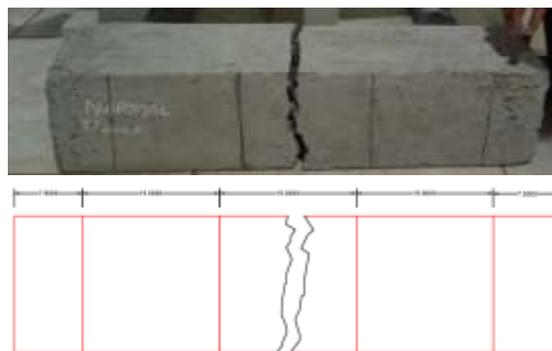
Retakan awal pada beton terjadi ketika beban yang diberikan pada balok terus bertambah maka akan menyebabkan terjadinya retakan di tengah bentang yang terus bertambah dan semakin melebar dan menyebabkan balok beton patah. Pola retak yang terjadi setelah pengujian yaitu pola retak lentur. Jenis keretakan pada beton dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar IV. 5 Pola Retak Beton Normal (BN<sub>1</sub>)



Gambar IV. 6 Pola Retak Beton Normal (BN<sub>2</sub>)



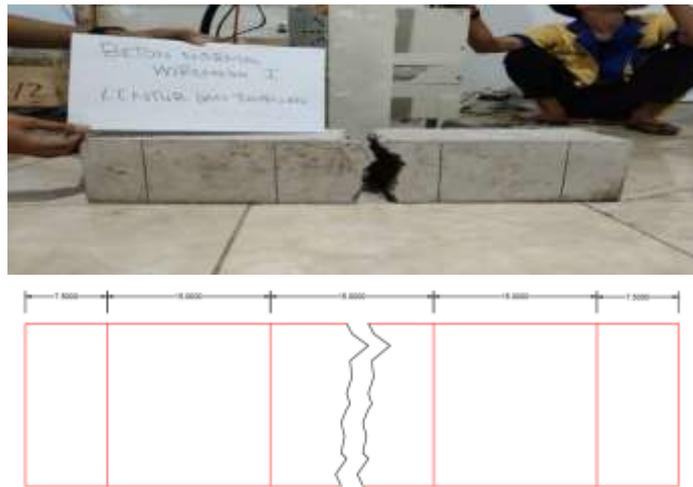
Gambar IV. 7 Pola Retak Beton Normal (BN<sub>3</sub>)

Pola retakan pada semua pengujian balok beton biasa dalam penelitian ini adalah retakan lentur. Retakan awal pada balok tersebut semuanya muncul di daerah yang mengalami momen maksimum, yaitu di antara dua titik beban. Jika beban yang diterapkan pada balok terus meningkat, maka retakan yang muncul di

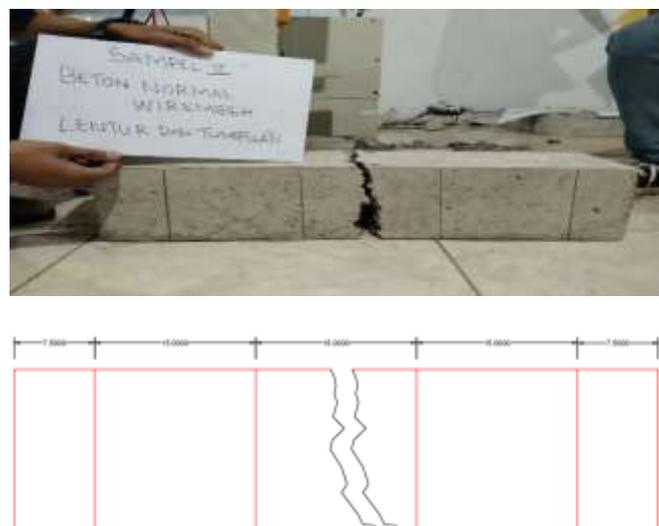
tengah bentang akan terus berkembang, dan retakan awal yang muncul akan menjadi lebih lebar, akhirnya menyebabkan balok beton mengalami patah.

#### IV.5.2 Pola Retak Beton Wiremesh

Jenis retakan yang terjadi Pada beton wiremesh adalah retak lentur (*flexural crack*). Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar IV. 8 Pola Retak Beton Wiremesh (BNW<sub>1</sub>)



Gambar IV. 9 Pola Retak Beton Wiremesh (BNW<sub>2</sub>)



Gambar IV. 10 Pola Retak Beton Wiremesh (BNW<sub>3</sub>)

Hasil keseluruhan pengujian pada semua balok beton menunjukkan bahwa pola retakan pada semua sampel balok beton dengan wiremesh mengikuti pola retakan lentur. Dalam pola ini, retakan-retakan cenderung bergerak secara vertikal sejajar dengan sumbu panjang balok. Retakan awal muncul di daerah momen maksimum, yaitu di antara dua titik beban yang mendekati tengah bentang balok. Jarak antar retakan pada kedua jenis balok (BN dan BW) pada umumnya relatif serupa dan menunjukkan pola retakan yang serupa pula.

## BAB V

### PENUTUP

#### V.1 Kesimpulan

Adapun hasil yang dapat diperoleh dari pengujian ini yaitu penambahan kekuatan besi strimin (*wiremesh*) pada daerah lentur balok sehingga dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Nilai kuat lentur pada balok beton normal (BN) rata-rata kuat lentur senilai 2,972 MPa, pada balok beton normal *wiremesh* variasi (BNW) rata-rata nilai kuat lentur sebesar 5,013 MPa dengan penambahan kekuatan wiremesh pada

balok beton memiliki kenaikan kuat lentur senilai 2,041 dari balok beton normal.

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 kedua jenis balok (BN, dan BNW) menghasilkan jarak yang secara umum relatif serta menghasilkan pola retak yang sama.

## **V.2Saran**

1. Pengadaan alat-alat yang 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. Pada penelitian selanjutnya peneliti menyarankan agar di lakukan pengujian kuat geser pada benda uji balok beton.
4. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya diberi variasi pada ukuran diameter wiremesh atau jumlah lapisan wiremesh

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Alami, F. Studi Eksperimental Perkuatan Balok Beton Bertulang dengan Wiremesh dan GFRP Dedi Vernanda Mohd Isneini 2.
- Amiruddin, A. A. (2014). Metode Retrofit Dengan Wire Mesh Dan SCC Untuk Peningkatan Kekuatan Lentur Balok Beton Bertulang. Jurusan Teknik
- Bintoro, A. Y., Limantara, A. D., & Winarto, S. (2018). Evaluasi Kekuatan ConcBlock Dengan Agregat Halus dan Agregat Kasar dari Tempurung Kelapa. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(1), 160-171.

- Hermiyati, R., Mungok, C. D., & Supriadi, A. (2014). Studi Eksperimen Kuat Tekan Beton Berdasarkan Urutan Dan Waktu Perputaran Pencampuran Material Penyusun Beton Dengan Adukan Menggunakan Mesin Molen. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 2(2).
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2004). Semen portland komposit. SNI 15-7064-2004, ICS 91.10. 10, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Mahyuddin, dkk.(2021). Pengantar Metodologi Penelitian, Medan:Yayasan Kita Menulis.
- Mahyuddin, dkk.(2021). Teori Organisasi, Medan: Yayasan Kita Menulis.
- PAMUNGKAS, A. F. A. (2021). Pengaruh Penggunaan Wiremesh Bentuk Persegi Terhadap Kuat Lentur Dan Geserbeton Bertulang.
- Putra, A. K. (2009). TINJAUAN KUAT LENTUR PLAT LANTAI DENGAN BAHAN TAMBAH ZEOLIT MENGGUNAKAN TULANGAN WIRE MESH (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Rusyandi, Kukun, Jamul Mukodas, and Yadi Gunawan (2012). "Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash dan Structuro." *Jurnal Konstruksi* 10.01
- Saputra, D. A., & Hidayat, W. (2006). Perilaku Wire Mesh Bentuk Wajik pada Kuat Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang.
- Sultan, M. A., Hakim, R., Muchtar, B., & Adingku, J. (2022). Tinjauan Kuat Lentur Balok Beton Ringan Dengan Penambahan Serat Kawat. *TERAS JURNAL*, 12(2), 483.
- Setiawan, A. M., Padli, A. M. N., Ali, M. Y., Bachtiar, E., Tandioga, V., & Fitriany, C. N. (2020). Perilaku Lentur Balok Beton Pada Kombinasi Daerah Geser dan Tarik yang Menggunakan Material FRP Sebagai Perkuatan Eksternal di Lingkungan Ekstrim. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences Vol*, 6(2).

Wahid, M. A., Solikin, M., Sugiyanto, S., & Rofiq, A. (2020). TINJUAN KUAT LENTUR DINDING PANEL BETON BERLUBANG SYROFAOM DENGAN PERKUATAN WIREMESH DAN CAMPURAN FLY ASH. In Science and Engineering National Seminar (Vol. 5, No. 1, pp. 643-651).

Wesli, W., Ersas, N. S., & Widari, L. A. (2022). Pengembangan kapasitas kelompok kerja tukang bangunan dalam membangun rumah sederhana tahan gempa di Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe (Builder capacity development for build a simple earthquake resistant house in Muara Satu Sub-District, Lhokseumawe City). *Buletin Pengabdian*, 2(2), 35-41.

# LAMPIRAN









$$\begin{aligned}
&= \frac{500 + 665 - 956}{500} \\
&= \frac{209}{500} \\
&= 2,39 \text{ gram} \\
\bullet \text{ Absorption} &= \frac{B - G}{G} \times 100\% \\
&= \frac{500 - 493.7}{493.7} \times 100\% \\
&= \frac{6.3}{493.7} \times 100\% \\
&= 1.28 \%
\end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian berat jenis agregat halus semua memenuhi syarat pencampuran beton, kecuali absorsi yang mendapatkan nilai 1,28 % sedangkan intervalnya 0,2 % – 2 %.

Makassar, 15 Agustus 2023

**Mengetahui,**

**Koordinator Laboratorium**

,

**Dr. Erdawaty, ST., MT**













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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Afdandi Diperiksa : Koordinator Laboratorium  
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 12 Juli 2023  
Penelitian : Tugas Akhir

**Absorsi 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

Percobaan 1

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

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

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

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

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

Makassar, 15 Agustus 2023

**Mengetahui,**  
**Koordinator Laboratorium**

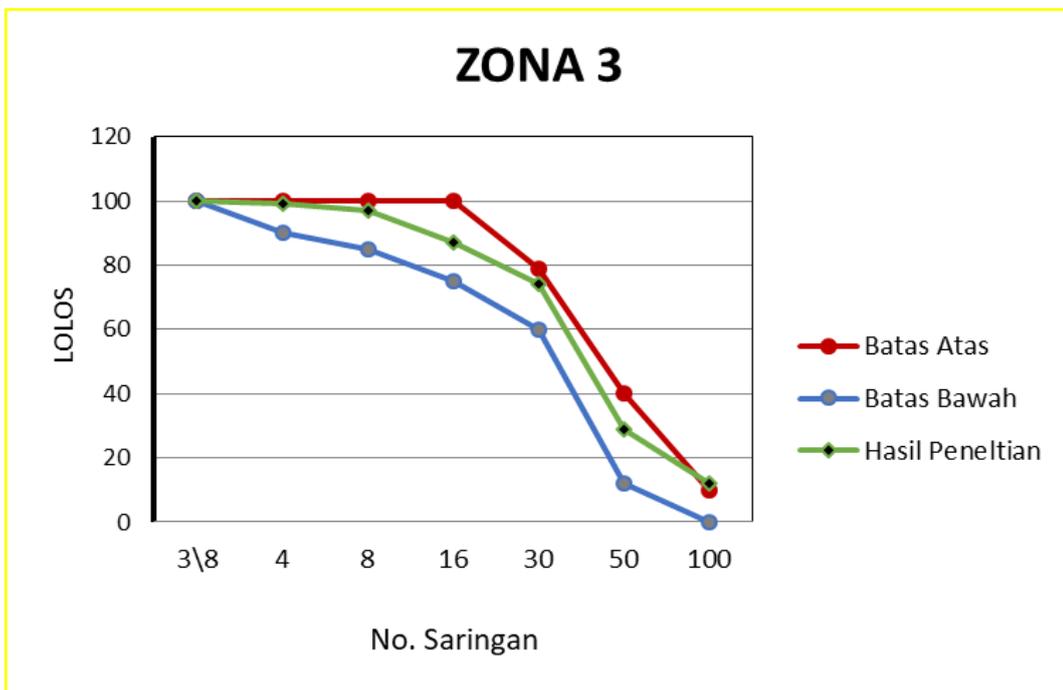
**Dr. Erdawaty, ST., MT**



## Lampiran C Batas Zona Agregat Halus Dan Agregat Kasar

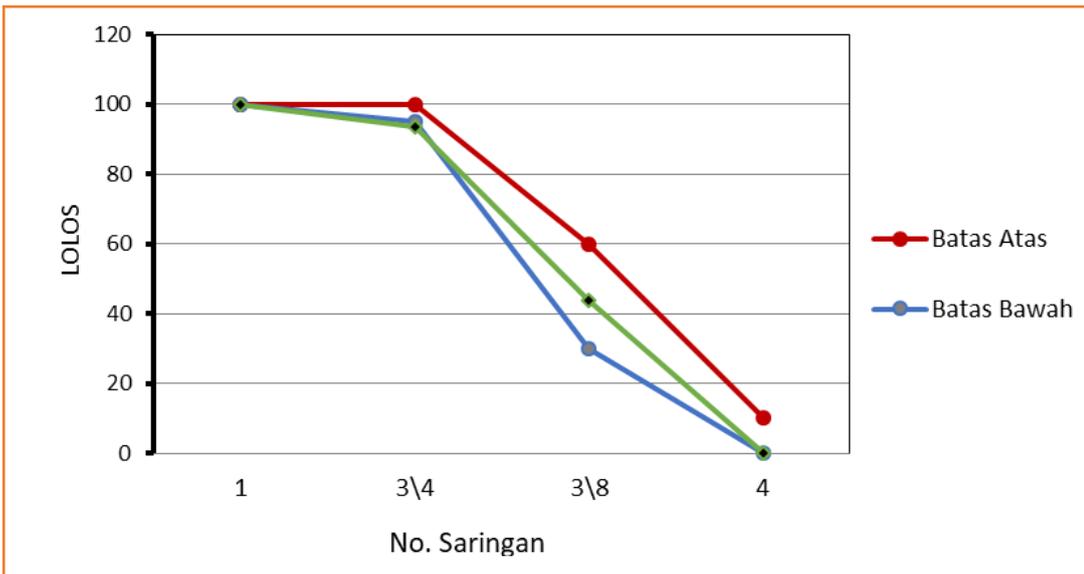
### 1. Agregat halus

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



### 3. Penggabungan Agregat

#### A. Menghitung nilai a1 dan a2

Persamaan :  $Y1 = a1 \times Yp + (1 - a1) \times Yk \times 100 \%$

$$a1 = \frac{Y1 - Yk \times 100 \%}{Yp - Yk}$$

$$a2 = \frac{Y2 - Yp \times 100 \%}{Yk - Yp}$$

Dimana ; Y1 = batas grafik bawah  
Y2 = batas grafik atas

Yp = Y pasir  
Yk = Y kerikil

#### 1. untuk diameter 19.05 (3/4)

$$Y1 = 100 \quad Y2 = 100$$

$$Yp = 100.00 \quad Yk = 95.43$$

$$a1 = \frac{100 - 95.433}{100 - 95.433} \times 100$$

$$= 100$$

$$a2 = \frac{100 - 100}{95.43 - 100} \times 100$$

$$= 0$$

#### 2. Untuk diameter 9.6 (3/8)

$$Y1 = 45 \quad Y2 = 75$$

$$Yp = 100.00 \quad Yk = 39.91$$

$$a1 = \frac{45 - 39.91}{100 - 39.91} \times 100$$

$$= 8.47$$

$$a2 = \frac{75 - 100}{39.91 - 100} \times 100$$

$$= 41.60$$

#### 3. Untuk diameter 4.75 (no. 4)

$$Y1 = 30 \quad Y2 = 50$$

$$Yp = 95.42 \quad Yk = 0$$

$$a1 = \frac{30 - 0}{95.42 - 0} \times 100$$

$$= 31.44$$

$$a2 = \frac{50 - 95.4}{0 - 95.4} \times 100$$

$$= 47.60$$

#### 4. Untuk diameter 2.36 (no. 8)

$$Y1 = 22 \quad Y2 = 42$$

$$Yp = 90.15 \quad Yk = 0$$

$$a1 = \frac{22 - 0}{90.15 - 0} \times 100$$

$$= 24.40$$

$$a2 = \frac{42 - 90.2}{0 - 90.2} \times 100$$

$$= 53.41$$

**5. Untuk diameter 1.18 (no. 16)**

$$\begin{aligned} Y1 &= 15 & Y2 &= 35 \\ Yp &= 83.01 & Yk &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{15 - 0}{83.005 - 0} \times 100 \\ &= 18.07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{35 - 83}{0 - 83} \times 100 \\ &= 57.83 \end{aligned}$$

**6. Untuk diameter 0.6 (no. 30)**

$$\begin{aligned} Y1 &= 6 & Y2 &= 28 \\ Yp &= 57.76 & Yk &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{6 - 0}{57.755 - 0} \times 100 \\ &= 10.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{28 - 57.8}{0 - 57.8} \times 100 \\ &= 51.52 \end{aligned}$$

**7. Untuk diameter 0.3 (no. 50)**

$$\begin{aligned} Y1 &= 2 & Y2 &= 12 \\ Yp &= 25.21 & Yk &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{2 - 0}{25.21 - 0} \times 100 \\ &= 7.9334 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{12 - 25.2}{0 - 25.2} \times 100 \\ &= 52.4 \end{aligned}$$

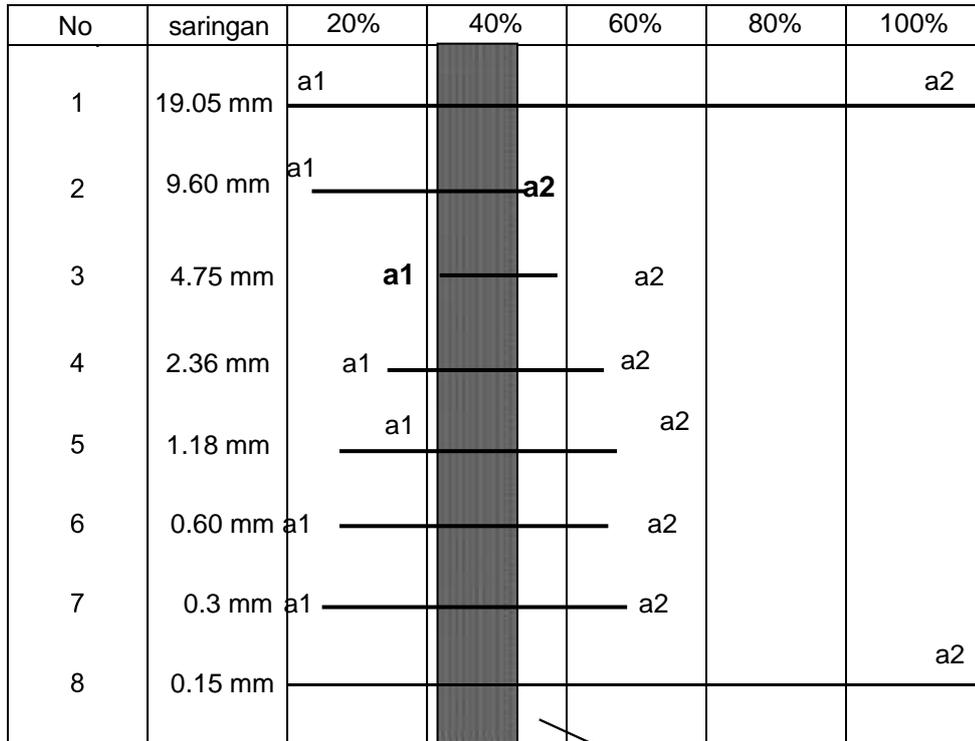
**8. Untuk diameter 0.15 (no. 100)**

$$\begin{aligned} Y1 &= 0 & Y2 &= 4 \\ Yp &= 3.70 & Yk &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{0 - 0}{3.70 - 0} \times 100 \\ &= 0.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{4 - 3.7}{0 - 3.7} \times 100 \\ &= -8.108 \end{aligned}$$

Bar-chart hasil perhitungan nilai a1 dan a2 sebagai berikut :



zona terbaik

Sebagai nilai a diambil rata-rata dari jumlah a1 dan a2 :

$$a = \frac{a1 + a2}{2}$$

$$= \frac{31.44 + 41.60}{2} = 36.52 \%$$

$$b = 100\% - a\% = 63.48 \%$$

**B. Perhitungan Y gabungan agregat Untuk Saringan # 19.05 (3/4)**

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} a = & 36.52 \% & Y_p = & 100.00 \% \\ b = & 63.48 \% & Y_k = & 95.43 \% \end{array}$$

**Rumus :**

$$\boxed{Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.52 \times 100) + (63.48 \times 95.43)}{100} \\ &= \frac{3652 + 6058.108}{100} \\ &= 97.10 \% \end{aligned}$$

**Untuk Saringan # 9,60 (3/8)**

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} a = & 36.52 \% & Y_p = & 100.00 \% \\ b = & 63.48 \% & Y_k = & 39.91 \% \end{array}$$

**Rumus :**

$$\boxed{Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.52 \times 100) + (63.48 \times 39.91)}{100} \\ &= \frac{3652 + 2533.487}{100} \end{aligned}$$

**Untuk Saringan No. 4**

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} a = & 36.52 \% & Y_p = & 95.42 \% \\ b = & 63.48 \% & Y_k = & 0.00 \% \end{array}$$

**Rumus :**

$$Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 95) + (63.480 \times 0)}{100} \\ &= \frac{3484.7 + 0}{100} \\ &= 34.85 \% \end{aligned}$$

**Untuk Saringan No. 8**

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} a = & 36.52 \% & Y_p = & 90.15 \% \\ b = & 63.48 \% & Y_k = & 0.00 \% \end{array}$$

**Rumus :**

$$Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 90) + (63.480 \times 0)}{100} \\ &= \frac{3292.3 + 0}{100} \\ &= 32.92 \% \end{aligned}$$

**Untuk Saringan No. 4**

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} a = & 36.52 \% & Y_p = & 95.42 \% \\ b = & 63.48 \% & Y_k = & 0.00 \% \end{array}$$

**Rumus :**

$Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}$
--

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 95) + (63.480 \times 0)}{100} \\ &= \frac{3484.7 + 0}{100} \\ &= 34.85 \% \end{aligned}$$

**Untuk Saringan No. 8**

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} a = & 36.52 \% & Y_p = & 90.15 \% \\ b = & 63.48 \% & Y_k = & 0.00 \% \end{array}$$

**Rumus :**

$Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}$
--

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 90) + (63.480 \times 0)}{100} \\ &= \frac{3292.3 + 0}{100} \\ &= 32.92 \% \end{aligned}$$

**Untuk Saringan No. 16**

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} a = & 36.52 \% & Y_p = & 83.01 \% \\ b = & 63.48 \% & Y_k = & 0.00 \% \end{array}$$

Rumus :

$$\boxed{Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 83) + (63.480 \times 0)}{100} \\ &= \frac{3031.3 + 0}{100} \\ &= 30.31 \% \end{aligned}$$

**Untuk Saringan No. 30**

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} a = & 36.52 \% & Y_p = & 57.76 \% \\ b = & 63.48 \% & Y_k = & 0.00 \% \end{array}$$

Rumus :

$$\boxed{Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 58) + (63.480 \times 0)}{100} \\ &= \frac{2109.2 + 0}{100} \\ &= 21.09 \% \end{aligned}$$

**Untuk Saringan No. 50**

Diketahui :

$$a = 36.52 \%$$

$$b = 63.48 \%$$

$$Y_p = 25.21 \%$$

$$Y_k = 0.00 \%$$

**Rumus :**

$$Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 25) + (63.480 \times 0)}{100} \\ &= \frac{920.67 + 0}{100} \\ &= 9.21 \% \end{aligned}$$

**Untuk Saringan No. 100**

Diketahui :

$$a = 36.52 \%$$

$$b = 63.48 \%$$

$$Y_p = 3.70 \%$$

$$Y_k = 0.00 \%$$

**Rumus :**

$$Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 4) + (63.480 \times 0)}{100} \\ &= \frac{135.12 + 0}{100} \\ &= 1.35 \% \end{aligned}$$

## Lampiran D Mix Design Balok Menggunakan Metode SNI

Metode perhitungan yang digunakan dalam perencanaan campuran beton adalah metode SNI 03-2834-2000. Adapun tahapan yang dilakukan dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Kuat tekan beton yang diisyaratkan ditentukan pada umur 28 hari ( $f'c$ ) = 25 MPa.
2. Standar deviasi ( $s$ ) = 8 MPa (dikarenakan tidak mempunyai data pengalaman sebelumnya).

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Deviasi standar dihitung berdasarkan volume pembetonan yang akan dibuat dan mutu pekerjaan. Nilai deviasi standar yang digunakan dalam perencanaan campuran ini sebesar 8 Mpa, yaitu tingkat pengendalian mutu pekerjaan jelek dikarenakan tidak mempunyai data pengalaman sebelumnya.

3. Nilai tambah ( $m$ ) = 13 MPa (dikarenakan tidak mempunyai data deviasi standar sebelumnya).
5. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f'cr$ ) dimana
$$\begin{aligned}f'cr &= f'c + m, \\ &= 25 \text{ MPa} + 13 \text{ MPa} \\ &= 38 \text{ MPa}.\end{aligned}$$
6. Jenis semen yang telah ditetapkan adalah semen portland komposit yang penggunaannya tidak memakai persyaratan khusus
7. Jenis Agregat yang digunakan = kerikil/batu pecah (cipping)

8. Menentukan FAS (Faktor Air Semen). Persyaratan FAS dan jumlah semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus tertera pada tabel dibawah :

<b>Jenis Pembetonan</b>	<b>Jumlah Semen Minimum perm<sup>3</sup> beton (Kg)</b>	<b>Nilai fas Maksimum</b>
<b>Beton di dalam ruang bangunan</b>		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
<b>Beton di luar ruangan bangunan</b>		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
<b>Beton masuk ke dalam tanah</b>		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 3.10
<b>Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut</b>		Tabel 3.11

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

FAS (Faktor Air Semen) Maksimum = 0,6 (tidak terlindungi dari hujan dan Terik matahari langsung) FAS (Faktor Air Semen) paling rendah = 0,56 Yang digunakan. paling rendah yaitu 0,56 untuk menghitung kebutuhan air semen

9. Nilai Kadar air = 195 liter Penetapan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang ditentukan

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	Alami	135	160	180	<b>195</b>
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

10. Kebutuhan air semen (Nilai kadar air : FAS rendah)

$$W_{air} = 195$$

Jumlah kebutuhan semen dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{FAS}$$

$$= \frac{195}{0,56} = 348 \text{ Kg}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan jumlah kebutuhan semennya adalah sebesar 348 kg.

11. Nilai Slump = 100 mm (sudah ditentukan)

12. Ukuran maksimum butiran kerikil = 20 mm (sudah ditentukan)

13. Zona gradasi agregat halus/golongan pasir (yang telah diketahui) = golongan 3

14. Persentase agregat halus/pasir terhadap agregat campuran (P) = 38%

15. Berat jenis campuran pasir dan kerikil (karena tidak adanya data) sehingga ditetapkan sebesar = 2,73 dan 2,68

16. Berat beton = 2580 kg/m<sup>3</sup>

17. Kebutuhan berat pasir dan kerikil:

$$W_{pasir+kerikil} = \text{Berat beton} - \text{kadar air} - \text{jumlah semen}$$

$$= 2580 - 195 \text{ kg/m}^3 - 348 \text{ kg/m}^3$$

$$= 2037 \text{ kg/m}^3$$

18. Kebutuhan pasir:

$$W_{pasir} = (P:100) \times (W_{pasir} + \text{kerikil})$$

$$= (38\% : 100) \times 2037 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,38 \times 2037 \text{ kg/m}^3$$

$$= 774 \text{ kg/m}^3$$

19. Kebutuhan kerikil:

$$\text{Volume kerikil (kasar)} = (W_{\text{pasir}} + \text{kerikil}) - W_{\text{pasir}}$$

$$= 2037 - 774 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1263 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga Dapat Disimpulkan Komposisi Campuran Untuk 1 m<sup>3</sup> beton (berat beton 2580kg) dibutuhkan:

Material	Berat Material
Air	195 liter
Semen	348 Kg (8,7 zak semen)
Pasir	774 Kg
Kerikil	1263 Kg

Sumber : (Hasil Pengolahan data,2023)

19. Tabel *mix design* untuk balok beton

Material	Campuran Untuk 1 m <sup>3</sup> beton	Campuran Untuk 1 Benda Uji (Kg)	Rasio Terhadap Berat Semen
Air	195	2,633	0,56
Semen	348	4,700	1
Pasir	774	10,448	2,22
Kerikil	1263	17,047	3,63

Sumber : (Hasil Pengolahan data,2023)

Volume Balok

Diketahui :

$$P : 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$L : 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$T : 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

Penyelesaian

$$= P \times L \times T$$

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

$$= 0,0135 \text{ m}^3$$

Berat material untuk 1 sampel balok beton = V balok x berat material 1 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\text{Air} &= V \text{ blk} \times \text{berat material air} \\ &= 0,0135 \text{ m}^3 \times 195 \\ &= 2,633 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= V \text{ blk} \times \text{berat material semen} \\ &= 0,0135 \text{ m}^3 \times 348,214 \\ &= 4,700 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= V \text{ blk} \times \text{berat material pasir} \\ &= 0,0135 \text{ m}^3 \times 773,9786 \\ &= 10,448 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerikil} &= V \text{ blk} \times \text{berat material kerikil} \\ &= 0,0135 \text{ m}^3 \times 1262,9786 \\ &= 17,047 \text{ Kg}\end{aligned}$$

20. Rasio terhadap jumlah semen untuk 1 benda uji balok beton:

$$\begin{aligned}\text{Air} &= \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat semen}} \\ &= \frac{2,633}{4,700} = 0,56\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Berat semen}} \\ &= \frac{4,700}{4,700} = 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= \frac{\text{Berat pasir}}{\text{Berat semen}} \\ &= \frac{10,448}{4,700} = 2,22\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerikil} &= \frac{\text{Berat kerikil}}{\text{Berat semen}} \\ &= \frac{17,047}{4,700} = 3,63\end{aligned}$$

## LAMPIRAN E PERHITUNGAN PENGUJIAN KUAT LENTUR

Tabel hasil pengujian kuat lentur balok beton normal

Tanggal pengujian	Umur Beton	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Kuat Lentur		
					Beban (P) (KN)	(Mpa)	Rata- rata (Mpa)
12/8/2023	28 hari	450	150	150	16.8	2.987	2.973
12/8/2023	28 hari	450	150	150	16.8	2.987	
12/8/2023	28 hari	450	150	150	16.56	2.944	

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 garis perletakan (mm)

b : Lebar penampang lintang patahpada arah horizontal (mm)

h : Tinggi penampang lintang patah arah vertikal (mm)

a) Perhitungan kuat lentur balok beton normal (BN□)

$$P = 16,8 \text{ KN}$$

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

$$= 16.800 \text{ N}$$

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

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

$$= \frac{10.080.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}_3}$$

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

b) Perhitungan kuat lentur balok beton normal (BN<sub>2</sub>)

$$P = 16,8 \text{ KN}$$

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

$$= 16.800 \text{ N}$$

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

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

$$= \frac{10.080.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}_3}$$

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

c) Perhitungan kuat lentur balok beton normal (BN<sub>3</sub>)

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

$$= 16,56 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 16.560 \text{ N}$$

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

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

$$= \frac{9.936.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}_3}$$

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

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

Tanggal pengujian	Umur Beton	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Kuat Lentur		
					Beban (P) (KN)	(Mpa)	Rata- rata (Mpa)
15/8/2023	28 hari	450	150	150	25.8	4.587	5.013
15/8/2023	28 hari	450	150	150	33.9	6.027	
15/8/2023	28 hari	450	150	150	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 garis perletakan (mm)

b : Lebar penampang lintang patahpada arah horizontal (mm)

h : Tinggi penampang lintang patah arah vertikal (mm)

a) Perhitungan kuat lentur balok beton wiremesh (BNW<sub>1</sub>)

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

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

$$= 25.800 \text{ N}$$

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

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

$$= \frac{15.480.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}_3}$$

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

b) Perhitungan kuat lentur balok beton wiremesh (BNW<sub>2</sub>)

$$P = 33,9 \text{ KN}$$

$$= 33,9 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 33.900 \text{ N}$$

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

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

$$= \frac{20.340.000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}_3}$$

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

c) Perhitungan kuat lentur balok beton wiremesh (BNW□)

$$P = 22.9 \text{ KN}$$

$$= 22.9 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 22.900$$

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

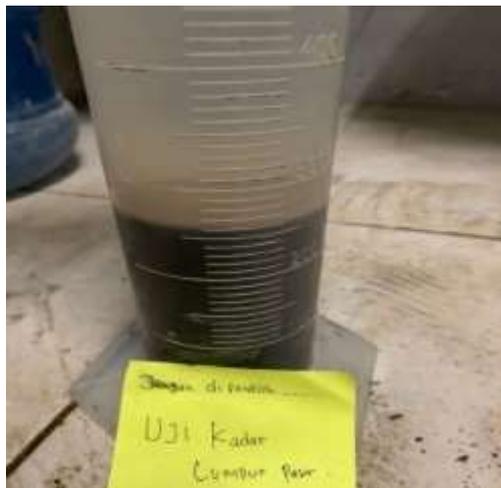
$$\sigma = \frac{22.900 \text{ N} \times 600 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150) \text{ mm}^2}$$

$$= \frac{13.740,000 \text{ Nmm}^2}{3.375.000 \text{ mm}_3}$$

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

## LAMPIRAN F DOKUMENTASI PENELITIAN

### 1. Pengujian Karakteristik Agregat



### 2. Proses mencuci dan menjemur agregat



3. Proses pemotongan Wiremesh



4. Proses Penyaringan Agregat



5. Proses Penimbangan agregat



6. Proses pemasangan bekisting dan pelumuran oli



7. Proses pencampuran, uji slump dan pengecoran



8. Proses Curing (perawatan)



9. Proses Pengujian Kuat Lentur





