

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH BETON DENGAN
PERKUATAN WIREMESH PADA KOMBINASI
DAERAH LENTUR DAN DAERAH TUMPUAN**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

MUHAMMAD IFDAL RAMADHAN

1820121074



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

2022

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH BETON DENGAN PERKUATAN
WIREMESH PADA KOMBINASI
DAERAH LENTUR DAN DAERAH TUMPUAN**

Oleh:

MUHAMMAD IFDAL RAMADHAN

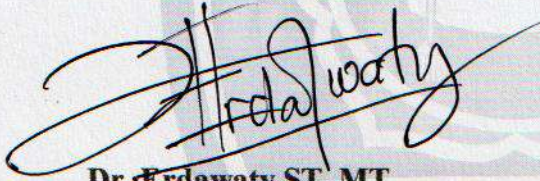
1820121074

Menyetujui,

Tim Pembimbing

Makassar, 12 Juni 2022

Pembimbing I



Dr. Erdawaty, ST., MT

NIDN : 0921047802

Pembimbing II



Asri Mulya Setiawan, ST., MT

NIDN : 0921118801

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Fajar



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

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Universitas Fajar



Fatmawaty Rachim, ST., MT
NIDN: 0919117903

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

“Studi Pemanfaatan Limbah Beton dengan Perkuatan Wiremesh Pada Kombinasi Daerah Lentur Dan Daerah Tumpuan” adalah karya orisinal saya dan setiap seluruh sumber acuan yang telah ditulis sesuai dengan Pandun Penulis Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 12 Juni 2022

Yang menyatakan
Makassar, 12 Juni 2022

Yang menyatakan


Muhammad ifdal ramadhan

Muhammad ifdal ramadhan

ABSTRAK

Studi Pemanfaatan Limbah Beton dengan Perkuatan Wiremesh Pada Kombinasi Daerah Lentur Dan Daerah Tumpuan, MUHAMMAD IFDAL RAMADHAN.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang paling banyak digunakan, sehingga kualitas beton yang baik akan sangat menunjang keamanan dari segi struktur. Seiring dengan berjalannya waktu, kekuatan beton berkurang sehingga menyebabkan beton mengalami kerusakan dimana beton mengalami penurunan mutu hingga dapat terjadi kegagalan struktur. Hal ini tidak lepas dari penggunaan balok beton yang mampu menahan beban lentur dan gaya geser karena struktur ini sangat besar memikul beban beton. Salah satunya yaitu dengan metode perkuatan dimana balok diperkuat guna dapat menahan beban dengan cara menempelkan *wiremesh* yang dilapisi *Self Compacting Concrete* (SCC) pada daerah tumpuan. Dengan penambahan ini diharapkan *wiremesh* dapat membantu meningkatkan kemampuan balok untuk menahan beban. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan kuat lentur, presentasi peningkatan kuat lentur, dan pola retak yang terjadi antara balok normal dan balok *wiremesh*. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur. Pengujian dilakukan setelah perendaman selama 28 hari dimana benda uji balok berukuran 10 cm x 12 cm x 60 cm dan silinder beton berukuran 10 cm x 20 cm. dari penelitian ini didapatkan perbandingan kuat lentur balok normal sebesar 4,240 MPa dan balok Limbah *wiremesh* sebesar 4,480 MPa. Besar persentase peningkatan kuat lentur balok normal terhadap balok Limbah *wiremesh* sebesar 5,6% Pola retak yang terjadi antara balok normal dan balok *wiremesh* yaitu keduanya mengalami pola retak lentur dimana retak yang terjadi tegak lurus terhadap sumbu memanjang.

Kata Kunci: *perkuatan, Limbah Beton, beton SCC, wiremesh*

ABSTRACT

Study of Waste Concrete Utilization with Wiremesh Reinforcement in Combination of Flexural Areas and Support Areas, MUHAMMAD IFDAL RAMADHAN. Concrete is one of the most widely used building materials, so good quality concrete will greatly support structural safety. Over time, the strength of the concrete decreases, causing the concrete to suffer damage where the concrete decreases in quality so that structural failure can occur. This can not be separated from the use of concrete beams that are able to withstand bending and shear loads because this structure is very large to carry the concrete load. One of them is the reinforcement method where the beam is strengthened to withstand the load by attaching wiremesh coated with Self Compacting Concrete (SCC) to the support area. With this addition, it is hoped that the wiremesh can help increase the ability of the beam to withstand the load. The purpose of this study was to determine the ratio of flexural strength, percentage increase in flexural strength, and crack patterns that occur between normal beams and wiremesh beams. The tests carried out were compressive strength testing and flexural strength testing. The testing was carried out after immersion for 28 days where the beam specimens measuring 10 cm x 12 cm x 60 cm and concrete cylinders measuring 10 cm x 20 cm. From this research, the comparison of the flexural strength of normal beams is 4,240 MPa and wiremesh waste beams is 4,480 MPa. The percentage increase in flexural strength of normal beams against wiremesh waste beams is 5.6%. The crack patterns that occur between normal beams and wiremesh beams are both experiencing flexural cracking patterns where the cracks occur perpendicular to the longitudinal axis.

Keywords: reinforcement, Waste Concrete, SCC concrete, wiremesh

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga proposal penelitian ini dapat terselesaikan yang berjudul **“Studi Pemanfaatan Limbah Beton dengan Perkuatan Wiremesh Pada Kombinasi Daerah Lentur Dan Daerah Tumpuan”**. Dimana penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi pada Program Studi teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

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

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Amir dan Ibunda Salmiah.
2. Ibunda Dr. Erniati, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
3. Ibunda Fatmawaty Rachim, ST., MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Fajar.
4. Ibunda Erdawaty, ST., MT selaku Pembimbing I.
5. Kakanda Asri Mulya Setiawan, ST., MT selaku Pembimbing II.
6. Dosen, Staf, dan Karyawan Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Fajar.
7. Rekan mahasiswa Angkatan 2018 Prodi Teknik Sipil.
8. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati membantu dalam penyelesaian proposal ini.

Tak lupa pula penulis haturkan maaf kepada seluruh pihak yang berhubungan dengan pengerjaan proposal ini jika terdapat kekeliruan dan kesalahan yang penulis perbuat, baik tutur kata maupun tingkah laku yang tidak berkenan selama dalam masa pengerjaan proposal ini. Penulis berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat, walaupun penulis menyadari bahwa proposal ini masih memiliki

banyak kekurangan. Penulis mengharapkan koreksi dan saran atas kekurangan dari penulis guna untuk menyempurnakan.

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

Makassar, 12 Juni 2022

Muhammad ifdal ramadhan

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Batasan Masalah	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Beton	5
II.2 SCC (<i>Self Compacting Concrete</i>)	7
II.3 Material Penyusun.....	8
II.3.1 Agregat	9
II.3.2 Semen <i>Portland</i>	11
II.3.3 Air.....	11
II.3.4 Bahan tambah (<i>Superplasticizer</i>)	11
II.4 Balok	12
II.5 Kuat Lentur	12
II.6 <i>Wiremesh</i>	13
II.7 Metode <i>Jacketing</i>	15
II.8 Perawatan Beton.....	16
II.9 Pola Retak	16
II.10 Tumpuan	18
II.11 Penelitian Terdahulu	20
BAB III	23
METODELOGI PENELITIAN	23
III.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	23
III.2 Alat dan Bahan	23
III.3 Pelaksanaan Penelitian	24
III.3.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	24
III.3.2 Pembuatan Benda Uji.....	27

III.3.3 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji	29
III.3.4 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji.....	30
III.4 Metode Pengumpulan Data	31
III.5 Analisa Data	31
III.6 Bagan Alur	32
BAB IV	33
HASIL DAN PEMBAHASAN	33
IV.1 Pengujian Karakteristik Agregat.....	33
IV. 2. <i>Mix Design</i>	34
IV. 4 Pengujian Kuat Tekan	36
IV. 5 Pengujian Kuat Lentur	39
IV.6 Pola Retak	42
IV.6.1 Pola Retak Balok Normal	42
IV.4.2 Pola Retak Balok Limbah <i>Wiremesh</i>	43
IV.4.3 Pola Retak Balok Limbah tanpa <i>wiremesh</i>	45
BAB V.....	46
PENUTUP.....	46
V.1 Kesimpulan.....	46
V.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	47
Berat Volume Agregat Kasar (LimbahBeton)	65
Analisa Saringan Agregat Kasar (Limbah Beton).....	66
Kadar Air Agregat Kasar (Limbah Beton).....	68

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Beton berdasarkan kuat tekannya.....	6
Tabel II. 2 Berat jenis beton.....	6
Tabel II. 3 Gradasi agregat halus	10
Tabel II. 4 Gradasi agregat kasar	10
Tabel II. 5 Spesifikasi bahan Wiremesh	14
Tabel III.1 Pengujian Agregat Halus	25
Tabel III. 2 Pengujian Agregat Kasar	26
Tabel III. 3 Benda uji balok	27
Tabel III. 4 Benda uji silinder	28
Tabel IV. 1 Rekap dari hasil pengujian agregat halus. (Pasir).....	33
Tabel IV. 2 Rekap dari hasil pengujian agregat kasar (Kerikil).....	34
Tabel IV. 3 Mix Design Silinder Beton SCC.....	35
Tabel IV. 4 Mix Design Balok Beton SCC.....	35
Tabel IV. 5 Komposisi Bahan Campuran Beton Untuk 1 benda uji yaitu 0.0072 m ³	35
Tabel IV. 6 Nilai Slump Untuk Tiap Variasi Limbah Beton	36
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Silinder Beton Normal (SN).....	37
Tabel IV. 8 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Silinder limbah Beton SCC	38
Tabel IV. 9 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Lentur Balok Beton Normal (BN) dan Balok Limbah Beton Wiremesh (BLW)	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Model pembebanan pada saat pengujian	13
Gambar II. 2 <i>Wiremesh</i>	14
Gambar II. 3 Diameter <i>wiremesh</i> yang digunakan	14
Gambar II. 4 Retak lentur murni	17
Gambar II. 5 Retak geser.....	17
Gambar II. 6 Retak geser lentur.....	17
Gambar II. 7 Retak torsi	18
Gambar II. 8 Retak lekatan.....	18
Gambar III. 1 Spesimen benda uji balok normal	28
Gambar III. 2 Spesimen benda uji balok saat diberi <i>wiremesh</i>	28
Gambar III. 3 Spesimen benda uji balok setelah diberi <i>wiremesh</i>	28
Gambar III. 4 Spesimen benda uji silinder.....	29
Gambar III. 5 Pengujian kuat lentur.....	30
Gambar III. 6 Pengujian kuat tekan	31
Gambar IV. 1 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal (SN).....	38
Gambar IV. 2 Pengujian Kuat Tekan Beton SCC (SS).....	39
Gambar IV. 3 Pengujian balok normal.....	41
Gambar IV. 4 Pengujian balok Limbah <i>wiremesh</i>	41
Gambar IV. 5 Diagram kuat lentur balok normal dan balok <i>wiremesh</i>	41
Gambar IV. 6 Pola Retak Balok Beton Normal	43
Gambar IV. 7 Pola Retak Balok Limbah <i>Wiremesh</i>	44
Gambar IV. 8 Pola Retak Balok Limbah Beton tanpa <i>wiremesh</i>	45

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama
SCC	<i>Self Compacting Concrete</i>
MPa	MegaPascal
Cm	Centimeter
Mm	Milimeter
F'c	Kuat Tekan
SNI	Standar Nasional Indonesia
EFNARC	<i>The European Indonesia Specialist Construction Chemical and Concrete System</i>
FAS	Faktor Air Semen
ASTM	American Standard Testing and Material
P	Beban Maksimum (N)
L	Panjang Bentang (mm)
B	Lebar
H	Tinggi
M	Gaya Momen
Q	Gaya Lintang
Gr	Gram
C	Celcius
Bj	Berat Jenis
SN	Silinder Beton Normal
SS	Silinder Beton SCC
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>
kN	KiloNewton
A	Luas Penampang (mm ²)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Pengujian Karakteristik Agregat Halus	51
Lampiran B Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	58
Lampiran C Mix design balok.....	73
Lampiran D Perhitungan Pengujian Kuat Tekan	81
Lampiran E Perhitungan Pengujian Kuat Lentur	85
Lampiran F Dokumentasi Pengujian Karakteristik.....	81

BAB I

PENDAHULUAN

I.I Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan struktur dari bangunan yang hampir semua orang ketahui karena hampir seluruh bangunan yang ada dimuka bumi menggunakan beton sebagai bahan dasarnya. Beton itu sendiri merupakan campuran dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen dan juga air, tetapi untuk beberapa beton tertentu ada pula yang ditambahkan bahan campuran tambahan seperti admixture. Dengan adanya variasi campuran bahan tersebut maka akan menghasilkan mutu beton yang berbeda beda pula.

Pemilihan dalam bahan – bahan pembuatan beton sangatlah penting itu dikarenakan agar mutu beton sesuai dengan yang kita inginkan. Namun sekarang ini dengan meningkatnya laju pembangunan di Indonesia bahan baku dalam pembuatan beton semakin lama semakin menipis, sehingga bahan baku dalam pembuatan beton menjadi sangat langka. Banyak penelitian yang dilakukan dalam mengganti material beton dengan material lain contohnya penggunaan material limbah konstruksi.

Kelemahan beton dalam hal menahan gaya tarik menuntut adanya inovasi dalam pembuatan beton terutama untuk meningkatkan kuat tarik beton tersebut. Salah satu inovasinya adalah penambahan maupun penggantian agregat kasar sebagai salah satu bahan penyusun beton. Kerikil atau batu pecah (split) merupakan agregat kasar yang umumnya digunakan pada campuran beton. Sudah banyak penelitian yang mengkaji tentang penggantian kerikil atau batu pecah (split) sebagai agregat kasar dengan bahan material yang lain, salah satunya adalah limbah hasil industri. Limbah atau bahan yang sudah tidak dapat difungsikan kembali adalah salah satu bahan material yang dapat digunakan untuk pengganti agregat kasar. Sebagai contoh limbah pecahan genteng, limbah pecahan ubin atau keramik hingga limbah pecahan beton.

Menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru, menjadi alternatif bahan beton yang menguntungkan, karena agregat yang digunakan adalah agregat yang telah dibuang. Pemanfaatan kembali limbah beton akan meningkatkan umur penggunaan material dari limbah itu sendiri. Agregat daur ulang memiliki beberapa kualitas, sifat fisik dan kimia. Variabilitas kualitas ini mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tarik belah beton.

Kekuatan beton bergantung pada beberapa aspek, salah satunya adalah faktor air semen (FAS) yang dipakai dalam adukan beton. Untuk mencapai adukan beton yang memenuhi syarat, maka adukan beton yang menggunakan nilai fas yang besar, akan lebih sedikit membutuhkan pasta semen, sebaliknya adonan beton yang menggunakan nilai fas yang kecil, akan lebih banyak membutuhkan pasta semen. Dengan demikian jelas, bahwa nilai faktor air semen dalam suatu adukan beton erat sekali kaitannya dengan jumlah semen yang diperlukan dalam adukan beton tersebut, selanjutnya akan mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri (Armeyn, 2006)

Oleh sebab itu, diperlukan penelitian mengenai kekuatan struktur bangunan pada kondisi ekstisting dan dengan kondisi setelah perkuatan. Salah satunya yaitu dengan metode perkuatan dimana balok diperkuat guna dapat menahan beban dengan cara menempelkan *wiremesh* yang dilapisi *Self Compacting Concrete* (SCC) pada daerah tumpuan. Dengan penambahan ini diharapkan *wiremesh* dapat membantu meningkatkan kemampuan balok untuk menahan beban.

Dari uraian di atas, penulis melakukan penelitian tentang pemanfaatan balok beton yang diperkuat dengan *wiremesh* yang disusun dalam bentuk tugas akhir dengan judul: **“Studi Pemanfaatan Limbah Beton Dengan Perkuatan Wiremesh Pada Kombinasi Daerah Lentur Dan Daerah Tumpuan”**.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas, beberapa rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh limbah beton pada perkuatan wiremesh kombinasi daerah lentur dan daerah tumpuan?
2. Berapa persentase peningkatan kekuatan limbah beton pada kombinasi daerah lentur dan daerah tumpuan yang menggunakan *wiremesh*?
3. Bagaimana pola retak pada limbah beton pada kombinasi daerah lentur dan daerah tumpuan yang menggunakan *wiremesh*?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh perkuatan Wiremesh terhadap limbah beton kombinasi daerah lentur dan daerah tumpuan.
2. Untuk mengetahui persentase peningkatan kekuatan limbah beton pada kombinasi daerah lentur dan daerah tumpuan yang menggunakan *wiremesh*.
3. Untuk mengetahui pola retak pada limbah beton pada kombinasi daerah lentur dan daerah tumpuan yang menggunakan *wiremesh*.

I.4 Batasan Masalah

Agar dapat diperoleh tinjauan yang terfokus maka dilakukan pembatasan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan metode jacketing, limbah beton menggunakan perkuatan wiremesh pada daerah lentur dan daerah tumpuan dilapisi beton SCC.
2. Mutu beton yang digunakan yaitu 40 MPa.
3. Benda uji berupa limbah beton berukuran 10 cm x 12 cm x 60 cm dan silinder beton berukuran 10 cm x 20 cm.
4. Bahan tambah berupa *Superplasticizer* dengan komposisi 1 %.
5. Perendaman benda uji menggunakan air tawar.
6. *Wiremesh* yang digunakan berdiameter 3 mm dengan jarak 25 mm x 25 mm.
7. Variasi *wiremesh* yang digunakan yaitu 1 lapisan.
8. Pengujian kuat lentur dilaksanakan setelah perendaman selama 28 hari.

9. Benda uji yang telah diberikan perkuatan *wiremesh* berukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.
10. Pengujian kuat lentur menggunakan alat *Tokyo testing Machine*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton merupakan campuran semen *portland*, agregat halus, agregat kasar dan air, atau dengan bahan yang ditambahkan untuk membentuk massa padat. Dengan bertambahnya umur, beton akan mengeras dan mencapai kekuatan yang diharapkan (f_c) pada umur 28 hari.

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007), beton memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Relatif murah karena menggunakan bahan dasar yang tersedia.
2. Diklasifikasikan sebagai bahan yang tahan lama, tahan aus, panas dan korosi dari kondisi lingkungan, sehingga mengurangi biaya perawatan.
3. Memiliki kuat tekan yang cukup tinggi. Oleh karena itu, ketika dikombinasikan dengan baja tulangan kekuatan tarik tinggi, itu menjadi struktur yang tahan tarik dan tekan. Kemudian struktur beton bertulang dapat diaplikasikan sebagai pondasi, pilar, balok, dinding, trotoar, bandara, waduk, pelabuhan, bendungan, dll.
4. Mudah dikerjakan, karena beton mudah dicetak menjadi bentuk dan ukuran yang diinginkan. Cetakan beton dapat digunakan berkali-kali, sehingga secara ekonomis lebih murah.

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

1. Bahan dasar pembuatan beton berasal dari berbagai tempat pengambilannya, sehingga metode perancangannya berbeda-beda tergantung dari kualitas bahannya.
2. Perencanaan mutu beton sebaiknya disesuaikan dengan jenis bangunan yang akan dibangun, sehingga ada beberapa cara untuk melaksanakannya.
3. Beton memiliki kekuatan tarik yang rendah, yang menyebabkan beton mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan suatu cara untuk mengatasi masalah

tersebut, misalnya dengan menyediakan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kekuatan tarik yang tinggi.

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007), beton memiliki sifat-sifat yang sering dijadikan acuan sebagai berikut:

1. Kekuatan

Beton memiliki sifat getas, sehingga memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi kuat tarik yang rendah. Oleh karena itu, kuat tekan beton sangat mempengaruhi sifat-sifat lainnya.

Tabel II. 1 Beton berdasarkan kuat tekannya

Jenis Beton	Kuat tekan (MPa)
Beton sederhana	Sampai 10 MPa
Beton normal	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

Sumber: Teknologi Bahan (Tjokrodimulji, 2007)

2. Berat jenis

Tabel II. 2 Berat jenis beton

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan
Beton normal	2,30 – 2,40	Struktur
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar X

Sumber: Teknologi Bahan (Tjokrodimuljo, 2007)

3. Modulus Elastisitas Beton

Modulus Elastisitas Beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Persamaan modulus elastisitas beton dapat diambil sebagai berikut (Tjokrodimuljo,2007)

$$E_e = (W_e)^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'_c} \text{ untuk } W_e = 1,5-2,5 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$E_e = \sqrt{4700/f'_c} \text{ untuk beton normal} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

E_e = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

W_e = Berat jenis beton

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

4. Susutan pengerasan

Volume beton setelah pengerasan sedikit lebih kecil dari volume beton saat masih segar, karena pada saat pengerasan beton mengalami sedikit penyusutan akibat penguapan air. Bagian yang menyusut adalah adonan karena agregat tidak mengalami perubahan volume. Oleh karena itu, semakin besar pasta, semakin besar susut beton. Saat merekatkan, semakin besar faktor air-semen, semakin besar susutnya.

5. Kerapatan air

Pada beberapa bangunan, beton seringkali diharapkan kedap air atau kedap air agar tidak bocor, misalnya: loteng, dinding dasar, tangki air, kolam renang, dll.

II.2 SCC (*Self Compacting Concrete*)

Self Compacting Concrete (SCC) adalah beton yang mampu mengalir sendiri dengan sedikit atau tanpa pemadatan. Beton ini menggunakan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan penambahan *superplasticizer* untuk mendapatkan kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat.

Beton SCC merupakan beton inovatif yang tidak memerlukan alat getar atau pemadatan karena beton SCC dapat memadat sendiri. Hal ini dikarenakan beton SCC dapat mengalir di bawah beratnya sendiri, sehingga memudahkan pengerjaan beton, terutama pada struktur yang menggunakan tulangan kompleks, karena beton SCC dapat mengalir dan mengisi semua rongga dalam cetakan (EFNARC, 2005).

Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC, workabilitas dan kelecakan campuran beton segar dapat dianggap sebagai beton SCC jika memenuhi kriteria berikut:

1. *Passing Ability*

Campuran SCC segar ini lebih cair daripada campuran beton konvensional. Campuran ini dapat mengalir dan memadat di semua sudut dan celah-celah struktur bangunan yang sulit dijangkau pekerja dan memenuhi ketinggian permukaan yang diinginkan (*self-leveling*) secara merata tanpa mengalami *bleeding*.

2. *Segregation Resistance*

Meskipun lebih cair dari beton konvensional, porositas SCC cenderung lebih rendah dibandingkan beton konvensional pada umumnya, karena SCC menggunakan campuran berupa *superplasticizer*. Fungsi dari bahan tambah ini adalah untuk meningkatkan tingkat *workability* dari semen tanpa harus meningkatkan nilai faktor air-semen (*fas*) dari campuran semen.

3. *Filling Ability*

Komposisi agregat SCC berbeda dengan beton konvensional. Komponen halus di SCC cenderung lebih banyak daripada di beton konvensional, karena SCC menggunakan perilaku pasta yang dapat membantu mengalirkan beton segar. Ukuran agregat kasar yang digunakan dalam SCC adalah sekitar 5mm sampai 20mm. Komposisi agregat ini dapat mengalir dan mengisi seluruh bagian cetakan dengan beratnya sendiri.

II.3 Material Penyusun

Bahan penyusun beton antara lain air, semen *portland*, agregat kasar dan halus serta bahan tambah, dimana masing-masing bahan penyusunnya memiliki fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat penting dari beton adalah kuat tekan. Jika kuat tekannya tinggi, sifat-sifat lainnya juga umumnya baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah kualitas bahan penyusunnya, nilai faktor air-semen, granulometri agregat, ukuran maksimum agregat, cara kerja

(pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perlakuan) dan umur beton (Tjokrodimuljo, 1996).

II.3.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang digunakan sebagai pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini terdiri hingga 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Faktor yang harus diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran partikel dari butiran yang diagregasi, karena jika butiran agregat memiliki ukuran yang seragam maka volume pori akan lebih besar, tetapi jika ukuran butir bervariasi maka volume butiran akan lebih banyak. pori-pori besar akan mengecil. Hal ini karena butiran yang lebih kecil akan mengisi pori-pori di antara butiran yang lebih besar. Agregat sebagai penyusun beton harus memiliki berat jenis yang tinggi, sehingga volume pori dan bahan pengikat yang dibutuhkan lebih sedikit.

a. Agregat halus

Dalam pedoman menurut SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat berupa pasir alam hasil penyatuan batuan atau pasir berbatu hasil peremukan batu dan memiliki ukuran butir 4,75 mm. Agregat halus yang baik tidak mengandung lumpur lebih dari 5% menurut beratnya, tidak mengandung bahan organik yang lebih kasar, terdiri dari butiran yang tajam dan tahan dan bervariasi antara ukuran 4 dan 100 filter sesuai dengan spesifikasi Amerika.

Tabel II. 3 Gradasi agregat halus

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan / Ayakan,			
				SNI 03-2834-2000			
				P.asir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
Mm	SNI	ASTM	Inch	Gradasi No.1	Gradasi No.2	G,radasi No.3	Gradasi No.4
9,50	9,6	$\frac{3}{8}$ in	0,3750	100	100	100	100
4,75	4,8	No.4	0,1870	90-100	90-100	95-100	95-100
2,36	2,4	No.8	0,0937	60-95	75-100	95-100	80-100
1,18	1,2	No.16	0,0469	30-70	55-90	90-100	50-85
0,60	0,6	No.30	0,0234	15-34	35-59	80-100	25-60
0,30	0,3	No.50	0,0117	5-20	8-30	15-50	5-30
0,15	0,15	No.100	0,0059	0-10	0-10	0-15	0-10

Sumber: SNI 03-2834-2000

b. Agregat Kasar

Agregat kasar atau kerikil S adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 4,75 mm. Menurut ASTM C-33, agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butiran lebih besar dari 5 mm.

Tabel II. 4 Gradasi agregat kasar

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan / Ayakan		
				Ukuran maks 10 mm	Ukuran maks 20 mm	Ukuran maks 40 mm
Mm	SNI	ASTM	Inch			
75,0	76	3 in	3,00			100
37,5	38	1 $\frac{1}{2}$ in	1,50		100	95-100
19,0	19	$\frac{3}{4}$ in	0,75	100	95-100	35-70
9,5	9,6	$\frac{3}{8}$ in	0,375	50-85	30-60	10-40
4,75	4,8	No.4	0,187	0-10	0-10	0-5

Sumber: SNI 03-2834-2000

II.3.2 Semen *Portland*

Pedoman SNI, , 15-2049 -, 2004, Semen portland adalah semen hidrolis yang diperoleh dengan menggiling klinker portland, terutama tersusun dari kalsium silikat hidraulik ($x\text{CaO}.\text{SiO}_2$) dan digiling dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kalsium yang tersusun dari sulfat ($\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$) dan dapat ditambahkan dengan aditif lain. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat yang banyak digunakan dalam konstruksi beton.

Hidrolis artinya dapat bereaksi dengan air, senyawa hidrolik akan bereaksi cepat dengan air. Semen portland bersifat hidrolik karena mengandung kalsium silikat ($x\text{CaO}.\text{SiO}_2$) dan kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$) yang bersifat hidrolik dan bereaksi sangat cepat dengan air.

II.3.3 Air

Air merupakan penyusun beton yang harus bereaksi dengan semen, yang juga berperan sebagai pelumas antar butir-butir agregat sehingga dapat diolah dan dipadatkan. Proses hidrasi beton segar membutuhkan sekitar 25% air dari berat semen yang digunakan. Padahal, jika nilai faktor air-semen kurang dari 35%, beton segar tidak dapat dikerjakan dengan sempurna, sehingga setelah pengerasan beton yang dihasilkan menjadi keropos dan dengan ketahanan mekanik yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk persyaratan konsistensi, agar diperoleh *workability* yang baik. Kelebihan air ini menguap atau tetap berada di beton yang mengeras, sehingga menyebabkan pori-pori (*capillary poreous*)

II.3.4 Bahan tambah (*Superplasticizer*)

Superplasticizer dalam hal ini harus diperlukan karena kondisi biasanya sangat rendah pada beton mutu tinggi, agar dapat mengontrol dan mencapai nilai pengecoran yang optimal pada beton segar maka dapat menghasilkan kinerja pengecoran beton yang baik. Namun, dalam semua hal, penggunaan *superplasticizer* harus memenuhi ASTM-C.494 81 Tipe F (Supartono, 1998) ”.

Penyebab yang mempengaruhi fungsi *superplasticizer* antara lain: dosis atau kualitas, jenis semen, jenis dan granulometri agregat, komposisi campuran dan suhu pada saat pengolahan. Dosis *superplasticizer* yang direkomendasikan adalah 1 hingga 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan *segregasi* dan penundaan pengerasan yang berkepanjangan, serta penurunan kuat tekan beton (Imran, 2006).

II.4 Balok

Balok adalah elemen struktur yang menerima gaya-gaya yang bekerja dalam arah melintang terhadap sumbunya, sehingga mengakibatkan momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya (Dipohusodo, 1994).

Jika balok bentang tunggal memikul beban yang menyebabkan momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur (tegangan) pada balok. Dalam kasus momen lentur positif, akan ada tegangan tekan di bagian atas dan tegangan tarik di bagian bawah penampang. Deformasi akan menghasilkan tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di bagian atas dan tegangan tarik di bagian bawah (Dipohusodo, 1994).

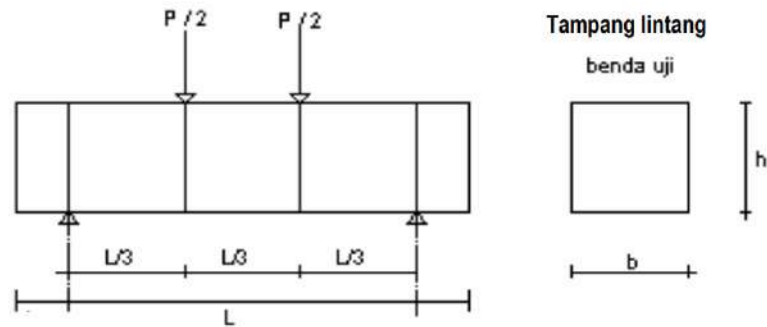
Untuk memperhitungkan daya dukung elemen struktur balok lentur, fitur utama akan diperhitungkan bahwa bahan semen kurang mampu menahan tegangan tarik.

II.5 Kuat Lentur

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua penyangga untuk menahan gaya tegak lurus terhadap sumbu benda uji yang diberikan sampai benda uji putus, yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

Balok yang menerima beban akan mengalami deformasi dan akibatnya momen lentur akan timbul sebagai tahanan material pembentuk balok terhadap beban luar. Tegangan akibat deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur yang diijinkan untuk material semen. Momen luar harus dikontraskan dengan bahan beton, dan nilai maksimum yang dapat dicapai sebelum balok runtuh atau patah adalah sama dengan momen tahanan dalam balok. Sistem pembebanan pada uji

tarik lentur, yaitu benda yang diuji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat tekukan murni, seperti terlihat pada gambar.



Gambar II. 1 Model pembebanan pada saat pengujian

Rumus kuat tarik lentur diperlihatkan pada Persamaan berikut :

$$\sigma_I = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots (II.3)$$

Dimana:

- σ_I = Kuat Intur benda uji (MPa)
- P = Beban tertinggi yang terbaca paada mesin uji (pembaca dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma) (N)
- L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
- b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = Tinggi tampang lintang patah arah vertical (mm)

II.6 Wiremesh

Wiremesh adalah bahan yang dilas berkualitas tinggi. *Wiremesh* merupakan material yang dapat digunakan sebagai pengganti tulangan beton karena memiliki fungsi yang sama. Selanjutnya *wiremesh* memiliki kekuatan yang sama namun dari segi pemasangan lebih praktis dan ekonomis dibandingkan tulangan konvensional (Naufal Aiman, 2014).



Gambar Il. 2 Wiremesh



Gambar Il. 3 Diameter wiremesh yang digunakan

Penggunaan tulangan baja dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan lentur pelat karena *wiremesh* ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan berbentuk jala sehingga sangat mudah dalam pemasangannya, serta harganya yang relatif lebih murah dan bahan yang lebih ringan. . Kualitas tinggi *wiremesh* baja las BRC memungkinkan Anda untuk menentukan sebelumnya. memenuhi standar kelas U-50, menghasilkan penghematan biaya yang signifikan.

Tabel II. 5 Spesifikasi bahan Wiremesh

Heavy Welded Mesh				Roll		
Pitch	Wire Diameter	Type	Wiremesh	Width	Length	Weight
100 x 100mm	4 mm	448	M4	1,8 m	30 m	114 kg
100 x 100mm	3,25 mm	4410	M4	1,8 m	30 m	72 kg

100 x 50 mm	3,15 mm	4210	M4	1,8 m	30 m	102 kg
50 x 50 mm	4 mm	228	M4	1,8 m	30 m	200 kg
50 x 50 mm	4 mm	45k	M4	0,9 m	30 m	105 kg
50 x 50 mm	3 mm	2210	M3	1,8 m	30 m	112 kg
50 x 50 mm	3 mm	35k	M3	0,9 m	30 m	58 kg
50 x 50 mm	2,6 mm	2212	M3	1,8 m	30 m	100 kg
50 x 50 mm	2 m	2214	M2	1,8 m	30 m	53 kg
50 x 50 mm	1,95 mm	2114	M2	1,8 m	30 m	79 kg
25 x 25 mm	2 mm	1114	M2	1,2 m	30 m	70 kg
25 x 25 mm	2 mm	225k	M2	0,9 m	30 m	48 kg
75 x 75 mm	1,2 mm	Roof mesh	M1	1,8 m	30 m	13,5 kg

Sumber: PT. F&R Sinergi Indonesia, 2011

II.7 Metode *Jacketing*

Teknik perbaikan beton bertulang berkembang pesat seiring dengan perkembangan zaman, tidak hanya material yang digunakan tetapi juga tulangan struktur telah mengalami berbagai perkembangan yang luar biasa terutama dalam hal inovasi-inovasi baru yang tidak pernah terpikirkan sebelumnya. Salah satu dari sekian banyak metode perkuatan struktur adalah perkuatan dengan lapisan beton. Selubung beton dibuat dengan memperluas penampang beton eksisting dengan tambahan lapisan beton bertulang tambahan.

Pelapisan beton adalah sistem perkuatan atau perbaikan beton dengan hanya menutupi beton yang ada dengan beton tambahan. Keuntungan utama dari sistem ini adalah memberikan batas yang lebih tinggi untuk kekuatan dan daktilitas beton.

Penguatan struktur beton akan mengalami peningkatan. Hal tersebut muncul dari penemuan seperti konstruksi kimia merupakan ilmu kimia yang mendukung disiplin sipil. Saat ini terdapat berbagai inovasi dalam penguatan struktur dan saat ini sedang diteliti antara metode yang biasa digunakan untuk memperpendek bentang suatu struktur dengan beton atau baja, memperbesar dimensi kelongsong beton, menambah pelat baja, melakukan prategang eksternal, dll.

Sebuah bangunan, misalnya sebuah bangunan, memiliki fungsi perantara, yaitu tempat yang aman untuk semua kegiatan yang berlangsung di sana. Bila

fungsi tersebut tidak dapat lagi dilakukan oleh bangunan, maka bangunan tersebut dikatakan telah rusak. Artinya bangunan tersebut tidak mampu lagi memiliki karakteristik dan kinerja proses yang digunakan pada desain sebelumnya. Misalnya, bangunan yang telah beroperasi selama bertahun-tahun.

Pekerjaan *jacketing* dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Lepaskan semua bagian beton yang telah rusak (tercemar) atau lepaskan semua bagian beton yang retak berat selama pekerjaan perbaikan beton yang rusak.
- b. Untuk kondisi beton tidak rusak cukup dengan mengupas beton sampai terlihat tulangan.
- c. Pelapisan beton lama dengan bahan perkuatan.
- d. Beton yang dicor berlapis-lapis dengan ketebalan lebih dari 5 cm harus diperkuat dengan kawat agar tidak terjadi keretakan akibat susut beton.

II.8 Perawatan Beton

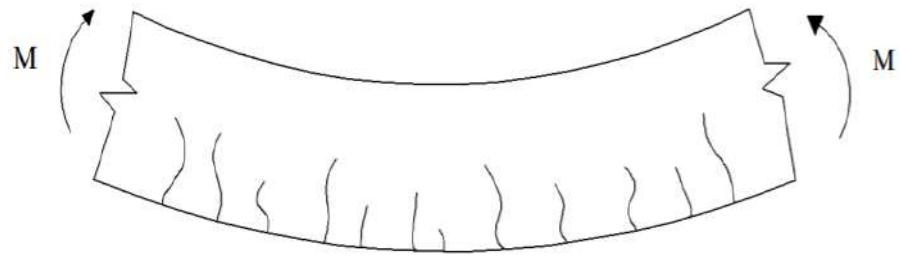
Perawatan beton merupakan langkah terakhir dalam pengolahan beton, menjaga kelembaban permukaan beton dari saat dilakukan sampai proses hidrasi benar-benar sempurna, dalam kisaran ± 28 hari. Hal ini memastikan proses hidrasi semen berjalan lancar (reaksi semen dan air). Jika hal ini tidak dilakukan, panas akan menguapkan air dari permukaan beton yang dingin, kemudian air dari beton yang dingin akan mengalir keluar dan beton yang dingin akan kekurangan air untuk hidrasi sehingga menyebabkan munculnya retakan pada beton. daerah. (Tjokrodinuljo, 2007)

II.9 Pola Retak

Faktor penyebab terjadinya keretakan pada balok adalah tegangan yang terjadi terutama tegangan tarik. Menurut McCormac (2001), retak untuk balok dan plat satu arah dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Retak lentur

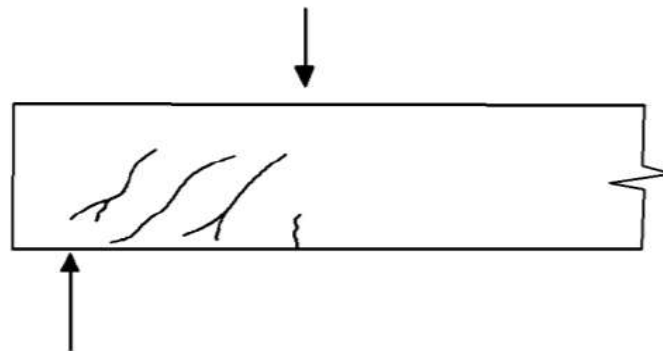
Retak lentur adalah retak vertikal yang memanjang dari sisi tegangan ke atas menuju daerah sumbu netral.



Gambar Il. 4 Retak lentur murni

2. Retak geser

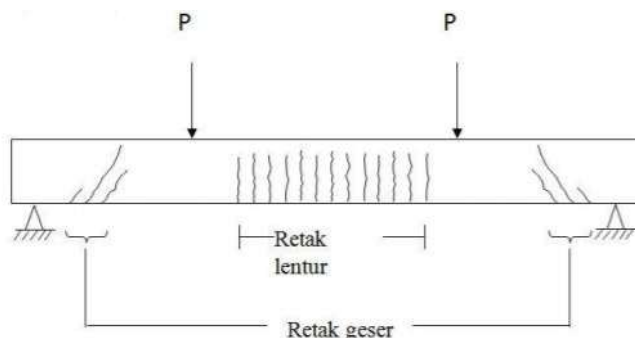
Retak miring karena geser dapat terjadi pada bagian badan baik sebagai retak bebas atau perpanjangan retak lentur. Kadang-kadang, retak miring akan berkembang secara bebas pada balok atau pelat satu arah meskipun tidak ada retak lentur pada daerah tersebut.



Gambar Il. 5 Retak geser

3. Retak geser lentur

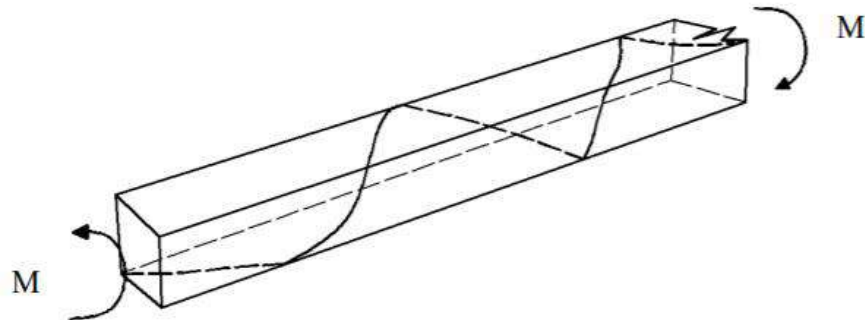
Retak jenis ini adalah retak yang paling umum, retak geser-lentur merupakan perpaduan antara lentur dan retak geser.



Gambar Il. 6 Retak geser lentur

4. Retak puntir

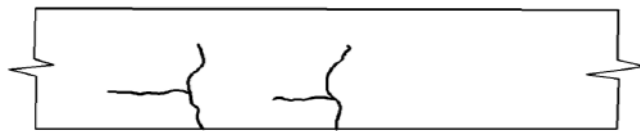
Retak puntir (torsion crack) cukup mirip dengan retak geser, tetapi retak puntir ini melingkar balok atau plat satu arah, jika sebuah bentang beton tanpa tulangan menerima torsi murni, batang tersebut akan retak dan runtuh disepanjang garis 45° karena tarik diagonal yang disebabkan tegangan puntir.



Gambar II. 7 Retak torsi

5. Retak lekatan

Retak lekatan terjadi karena tegangan lekatan (bond stress) antara beton dan tulangan yang mengakibatkan pemisahan disepanjang tulangan.



Gambar II. 8 Retak lekatan

II.10 Tumpuan

Daerah tumpuan umumnya berjarak $1/4$ dari jarak bentang (L) yang terletak di tepi-tepi bentang, sedangkan tulangan lapangan $1/2$ sisanya yang letaknya ditengah bentang. $1/4 L$ adalah kode atau angka yang jadi sangat sering dijumpai pada gambar penulangan atau struktur beton. Kebiasaan perencana struktur ini lambat laun menjadikan suatu kesimpulan bagi kebanyakan orang bahwa pemutusan tulangan tersebut sudah menjadi standar.

Pada dasarnya pemutusan daerah tumpuan dapat diakhiri dimana saja asal jumlah tulangan atau struktur tersebut masih mampu untuk menahan momen yang terjadi dan tulangan yang diputus harus disalurkan sedemikian mampu menahan

gaya-gaya terutama gaya tarik yang terjadi pada besi tulangan (Istimawan Dipohusodo, 1996). Sehingga tulangan tidak boleh diputus semuanya. Tulangan harus dipasang menerus sepanjang struktur (terutama untuk balok). Salah satunya adalah aspek gempa yang mensyaratkan tulangan yang tersedia dalam jumlah tertentu karena akan lebih mudah dalam pelaksanaan apabila jumlah tulangan tertentu tidak diputus dan dipasang secara menerus. Dalam peraturan, jumlah luasan tulangan yang harus dipasang menerus adalah sebesar $\frac{1}{3}$ luas tulangan yang diperlukan dalam perhitungan.

Dengan konsep ini, pada akhirnya akan bernilai sama dengan $\frac{1}{3} L$, $\frac{1}{4} L + 20D$, atau $\frac{1}{4} L$ atau bahkan $\frac{1}{5} L$. Angka-angka tersebut adalah pendekatan praktis agar memudahkan pelaksanaan di lapangan. Perhitungan jarak pemutusan tulangan dilakukan dengan cara mengukur jarak momen nol terhadap tepi balok dan kemudian menambahkan jarak tertentu untuk keperluan panjang penyaluran dan geser balok sebesar tinggi efektif balok (d) atau $12 db$. Ini tentu dengan menggunakan software ETABS atas perhitungan struktur gedung tersebut. Dengan mengambil sample satu balok saja. Kita harus melihat grafik momen yang menjadi dasar atau representasi kebutuhan luas tulangan. Momen balok adalah maksimum di daerah lapangan.

II.11 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Dwiyana Afandi Baddu	2020	Perkuatan Balok Beton SCC Menggunakan <i>Wiremesh</i> Pada Daerah Lentur Dan Geser	Untuk mengetahui perbandingan peningkatan kuat lentur balok beton yang diperkuat dengan material <i>wiremesh</i> pada kombinasi daerah lentur dan geser terhadap balok beton tanpa perkuatan	Perbandingan antara kuat lentur balok normal dan balok <i>wiremesh</i> pada umur perendaman 28 hari didapatkan, untuk balok normal (BN) kekuatan lentur rata-rata sebesar 5,15 MPa, dan untuk balok <i>wiremesh</i> (BW) kekuatan lentur rata-rata sebesar 8,36 MPa.	Penggunaan <i>Wiremesh</i> dan beton SCC
2	Satriadi	2020	Perkuatan Lentur Balok Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (ScC) Yang Menggunakan <i>Wiremesh</i> Dengan Metode Jacketing	Untuk mengetahui presentase peningkatan kuat lentur pada balok beton SCC yang menggunakan <i>wiremesh</i> dengan metode <i>jacketing</i> .	Lapisan <i>wiremesh</i> mampu meningkatkan kuat lentur pada balok sebesar 45,75% jika dibandingkan dengan balok normal.	Penggunaan <i>Wiremesh</i> dan beton SCC

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
3	M. Kasmar Hendarmawan	2020	Studi Perkuatan Balok Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC) Dengan Pemanfaatan Sabuk <i>Wiremesh</i> Sebagai Proteksi Pada Gagal Lentur	Untuk mengetahui kuat lentur balok <i>wiremesh</i> pada gagal lentur. Untuk mengetahui nilai presentase peningkatan kuat lentur balok dengan perkuatan <i>wiremesh</i>	Lentur yang dihasilkan dari balok <i>wiremesh</i> (BW) pada gagal lentur mencapai 5,39 MPa. Presentase rata-rata peningkatan pada balok <i>wiremesh</i> (BN) terhadap balok normal (BN) sebesar 50,58%.	Penggunaan <i>Wiremesh</i> dan beton SCC
4	Florenshea Shelmi Tadan	2021	Kajian Penggunaan Sabuk <i>Wiremesh</i> Pada Daerah Lapangan Terhadap Peningkatan Kekuatan Lentur Balok Beton	Untuk mengetahui perbandingan peningkatan kuat lentur balok beton normal dengan beton <i>wiresmesh</i> pada daerah lapangan	Presentase peningkatan kekuatan lentur balok BW terhadap BN pada daerah lapangan sebesar 122% Perbandingan kuat lentur balok normal dan balok <i>wiremesh</i> pada umur perendaman 365 hari didapat untuk BN kekuatan lentur rata-rata sebesar 3,51MPa dan untuk BW kekuatan lentur rata-rata sebesar 7,757 MPa	Penggunaan <i>Wiremesh</i> dan beton SCC

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
5	Irjanto Pagalo	2021	Pengaruh Perkuatan Wiremesh Diagonal Pada Daerah Geser Terhadap Kekuatan Lentur Balok Beton	Untuk mengetahui perbandingan antara kuat lentur balok normal dan kuat lentur balok menggunakan wiremesh secara diagonal	Perbandingan kekuatan lentur balok normal dengan balok wiremesh, yaitu rata-rata nilai kuat lentur balok normal sebesar 3,507 Mpa dan rata-rata nilai kuat lentur balok wiremesh sebesar 6,857 Mpa.	Penggunaan <i>Wiremesh</i> dan beton SCC
6	Norma Fitriani	2021	Pengaruh perkuatan sabuk wiremesh Pada daerah tumpuan terhadap Kekuatan lentur balok beton	Untuk mengetahui persentase peningkatan kekuatan lentur balok beton dengan perkuatan sabuk wiremesh pada daerah tumpuan	Perbandingan kuat lentur balok beton normal sebesar 3,507 MPa dan kuat lentur balok beton dengan perkuatan wiremesh sebesar 6,449 MPa. Persentase peningkatan kuat lentur balok beton normal terhadap perkuatan beton wiremesh sebesar 83,881%.	Penggunaan <i>Wiremesh</i> dan beton SCC

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

III.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan selama ± 3 bulan, dimana benda uji direndam selama 28 hari kemudian dilakukan perkuatan lalu ke tahap pengujian. Pengujian Perkuatan Wiremesh Terhadap Limbah Beton Pada Kombinasi Daerah Lentur Dan Daerah Tumpuan akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar yang beralamat di Jalan Prof. Abdurahman Basamalah No.101.

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 12 cm x 60 cm.
7. Alat pengujian slump test (Kerucut Abrams).
8. Silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm
9. Mesin pengujian kuat tekan dan kuat lentur.
10. 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 (Limbah Beton) dan agregat halus (pasir) sesuai dengan standar SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990.
3. Air tawar.
4. Bahan tambah (*superplasticizer*).
5. Limbah beton
6. Wiremesh berdiameter 3mm.

III.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental sehingga penelitian ini harus dilaksanakan dengan cara sistematis yang jelas dan terarah agar diperoleh hasil yang baik dan dapat dipertanggung jawabkan. Pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa langkah pekerjaan. Dimulai dari penyiapan material, pemeriksaan material, penetapan komposisi campuran, pembuatan benda uji, perawatan, hingga pengujian benda uji. Tahapan-tahapan ini dilaksanakan berdasarkan standar peraturan pengerjaan beton disesuaikan dengan kondisi laboratorium.

III.3.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Tahap I (Tahap Persiapan)

Alat dan bahan material yang akan digunakan dipersiapkan agar penelitian berjalan dengan lancar dan sesuai dengan yang telah direncanakan. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan cetakan benda uji untuk balok.

2. 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.

a. Pengujian agregat halus (pasir)

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

Tabel III.1 Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi
1	Kadar Lumpur (%)	0,20 – 5
2	Kadar Air (%)	3 – 5
3	Berat Volume Kondisi Lepas (Kg/Lt) Kondisi Padar (Kg/Lt)	1,40 – 1,90 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

Sumber: Standar Nasional Indonesia

b. Pengujian agregat kasar

Pada pengujian agregat kasar mengacu pada SNI Tabel 3.2 disajikan pengujian agregat kasar.

Tabel III. 2 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

3. Tahap III (Mix Design)

Pada tahap ini dilakukan perencanaan pembuatan beton dengan limbah beton sebagai pengganti agregatnya, serta penambahan superplasticizer jenis *Sikamen*.

4. 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*.

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

Pada tahap ini, peneliti akan melakukan *Curing* atau perawatan pada air tawar, perawatan dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dengan cara di rendam dalam air dilakukan selama 365 hari pada benda uji.

6. 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 365 hari, dilakukan pada Laboratorium Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Tahap VII (Tahap kesimpulan)

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

III.3.2 Pembuatan Benda Uji

Perencanaan pembuatan benda uji untuk beton eksisting pada penelitian ini mengacu pada perencanaan *mix design* sesuai dengan SNI 03-4433-1997 dan untuk beton SCC sebagai pelapis perkuatan mengacu pada perencanaan *mix design* sesuai dengan EFNARC tentang perencanaan design campuran untuk beton. Pada penelitian ini direncanakan 2 jenis benda uji yaitu silinder dan balok. Untuk benda uji silinder menggunakan 3 sampel berdimensi (10 x 20) cm³ dan benda uji balok menggunakan 6 sampel berdimensi (10 x 12 x 60) cm³ dimana 3 buah sampel adalah balok normal dan 3 buah sampel adalah balok normal yang diperkuat dengan menggunakan *wiremesh*.

Tabel III. 31 Benda uji balok

No.	Lama Perendaman Air Tawar (Hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	28	BN ₂₈	3
		BW ₂₈	3
Jumlah			6

Keterangan:

BN : Beton normal

BW : Beton wiremesh

Tabel III. 4 Benda uji silinder

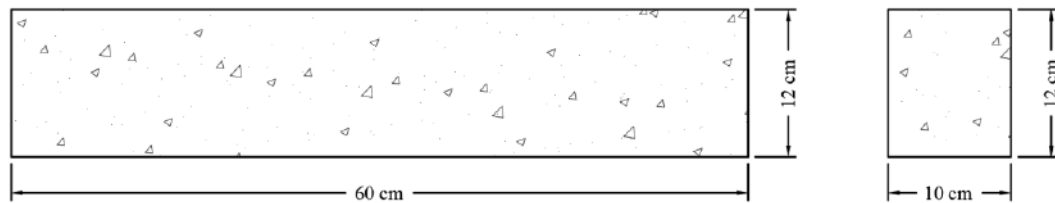
No.	Lama Perendaman Air Tawar (Hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	28	SN ₂₈	3
	28	SS ₂₈	3
Jumlah			6

Keterangan:

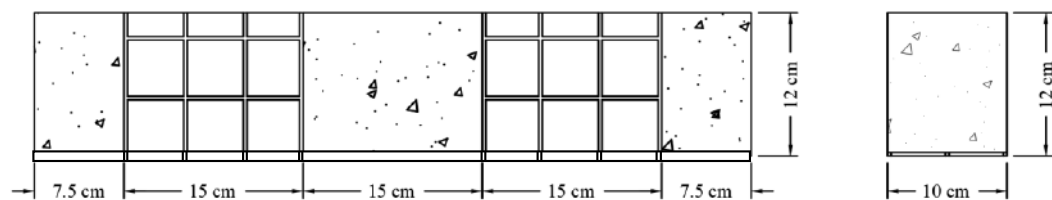
SN : Silinder normal

SS : Silinder SCC

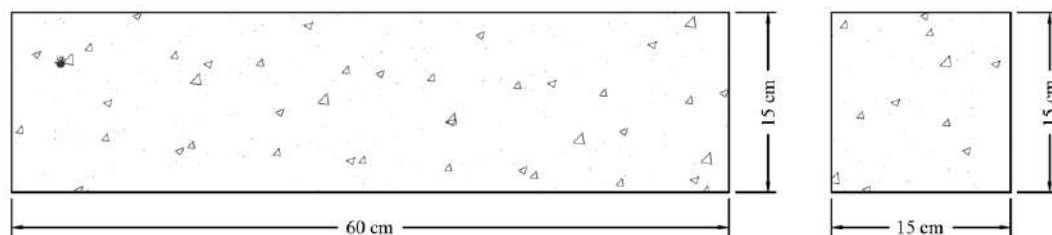
Adapun spesimen benda uji dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



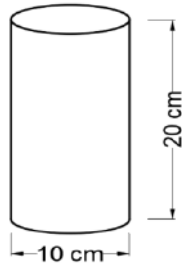
Gambar III. 1 Spesimen benda uji balok normal



Gambar III. 2 Spesimen benda uji balok saat diberi wiremesh



Gambar III. 3 Spesimen benda uji balok setelah diberi *wiremesh*



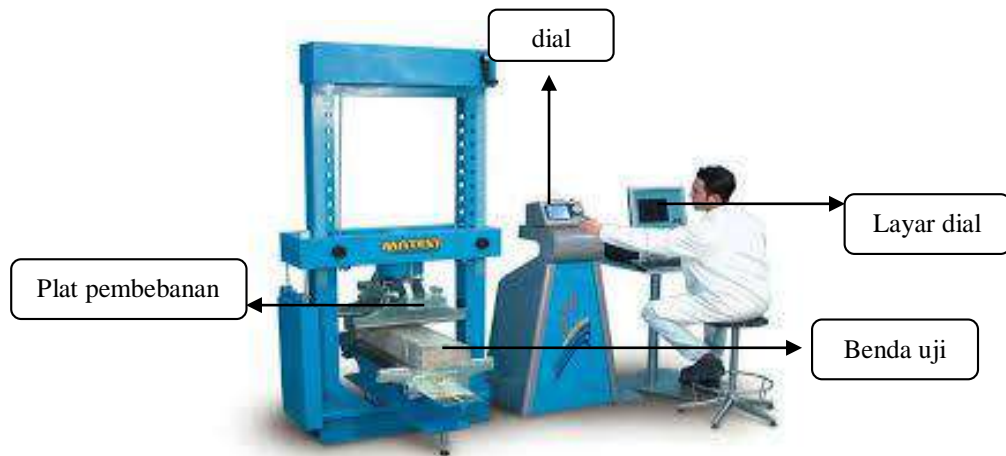
Gambar III. 4 Spesimen benda uji silinder

III.3.3 Pengujian Kuat Lentur Benda Uji

Pengujian balok dilakukan dengan *two point load* pada sampel benda uji, digunakan pembebanan yang bersifat monotonik, dengan kecepatan *ramp actuator* konstan sebesar 0,05 mm/dtk sampai balok runtuh. Pengujian lentur dilakukan untuk menentukan besarnya kekuatan lentur beton dengan benda uji 10 cm x 12 cm x 60 cm. Pembebanan dilakukan hingga daerah tekan pada balok hancur dan telah mencapai beban maksimum. Besarnya beban maksimum P yang dicatat pada pengujian ini adalah beban pada saat benda uji patah. Selanjutnya digunakan untuk menentukan kuat lentur.

Langkah-langkah pengujian kuat lentur pada beton sebagai berikut:

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



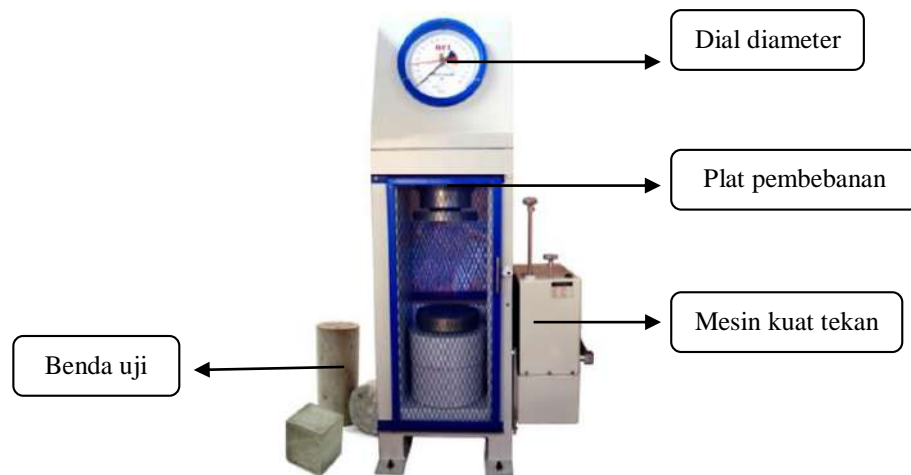
Gambar III. 5 Pengujian kuat lentur

III.3.4 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Metode pengujian kuat tekan silinder dilakukan dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras dengan benda uji silinder. Pembebanan dilakukan sampai silinder beton hancur dan dicatat besarnya beban maksimum P yang selanjutnya digunakan untuk menentukan tegangan tekan beton (f'_c).

Langkah-langkah pengujian kuat tekan sebagai berikut :

1. Ambil benda uji dari bak perendam.
2. Diamkan sejenak hingga benda uji tersebut kering.
3. Bersihkan kotoran yang menempel dengan kain basah atau kuas.
4. Timbang berat benda uji.
5. Lapisilah (capping) permukaan atas benda uji dengan belerang, tujuan dari proses ini agar benda uji simetris.
6. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara centris.
7. Jalankan mesin tekan dengan pembebanan yang konstan
8. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.



Gambar III. 6 Pengujian kuat tekan

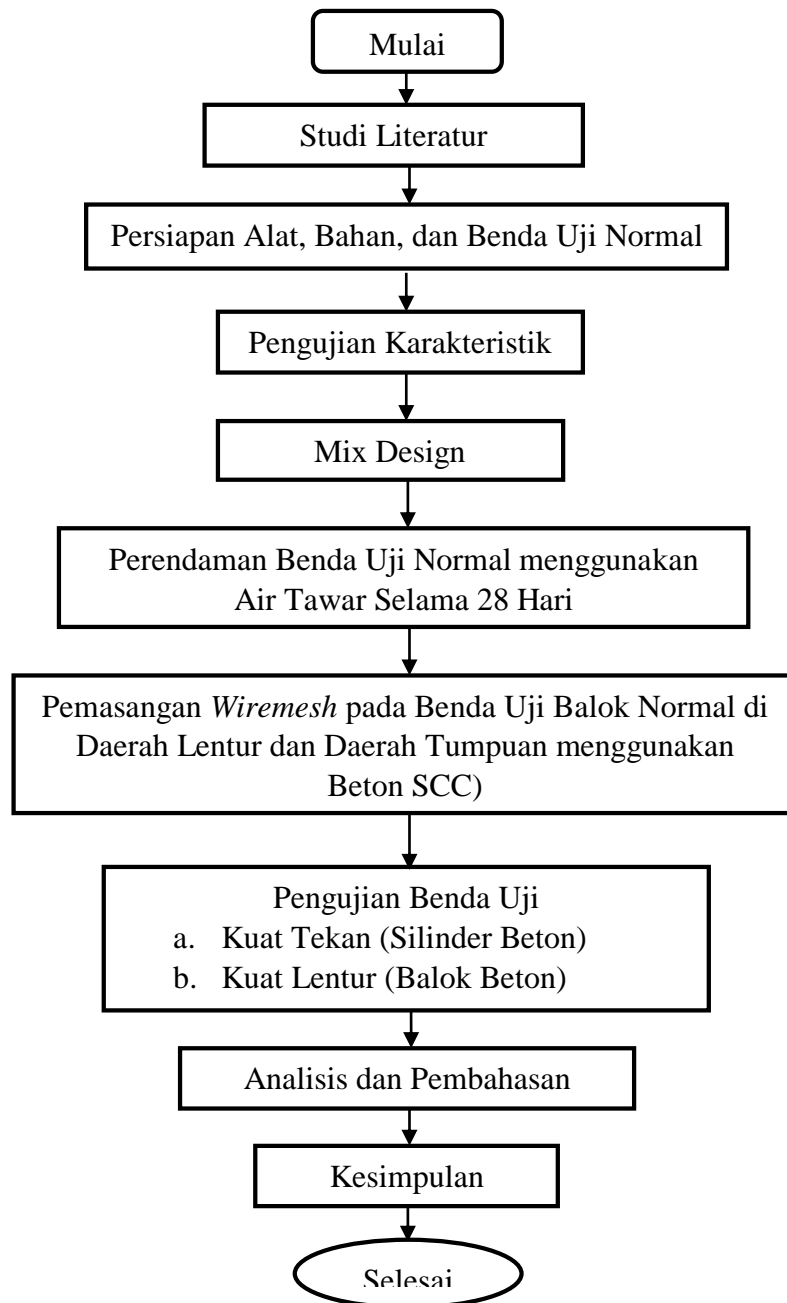
III.4 Metode Pengumpulan Data

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

III.5 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* beton *scc* menurut EFNARC, yang dianalisa menggunakan *microsoft office excel*. Data-data yang telah diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kuat lentur balok beton SCC yang dilapisi dengan *wiremesh* dan juga untuk mengetahui perbandingan antara balok normal tanpa perkuatan dan balok normal dengan perkuatan *wiremesh*.

III.6 Bagan Alur



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Pengujian Karakteristik Agregat.

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

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

No	Jenis pengujian	Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	4,88	0,2 - 5	Memenuhi
2	Kadar Air (%)	3,35	3 - 5	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,70	1,4 - 1,9	Memenuhi
	b. Kondisi Padat (kg/ltr)	1,75	1,4 - 1,9	Memenuhi
4	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata (gr)	2,88	1,60 - 3,30	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering (gr)	2,30	1,60 - 3,31	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan (gr)	2,50	1,60 - 3,32	Memenuhi
5	Absorpsi (%)	2,04	0,2 - 2	Tidak Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	3,00	2,3 - 3,1	Memenuhi
7	Kadar Organik	No.2	<No.3	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari pengujian yang telah dilaksanakan diperoleh hasil pemeriksaan karakteristik yang ditunjukkan pada tabel IV.1 untuk agregat halus memenuhi persyaratan SNI karena semua hasil pengujian agregat halus masuk dalam interval agregat halus yang di isyaratkan SNI. Namun absorpsi pada agregat halus tidak masuk interval yang diisyaratkan oleh SNI. Maka dari itu, material tersebut diberikan treatment dengan cara di jemur lebih lama. Untuk agregat kasar dapat

dilihat pada tabel IV.2, adapun perhitungan hasil laboratorium disajikan pada lampiran.

Tabel IV. 2 Rekap dari hasil pengujian agregat kasar (Kerikil)

No	Jenis pengujian	Agregat Kasar	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	0,4	Maks 1 0,5-2	Memenuhi
2	Kadar Air (%)	1,2		Memenuhi
3	Berat Volume		1,6 - 1,9	
	a. Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,67	1,6 - 1,9	Memenuhi
	b. Kondisi Padat (kg/ltr)	1,69		Memenuhi
4	Berat Jenis		1,60 - 3,33	
	a. Bj. Nyata (gr)	2,68	1,60 -	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering (gr)	2,49	3,34	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan (gr)	2,56	1,60 -	Memenuhi
5	Absorpsi (%)	2,87	3,35	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,63	Maks 4	Memenuhi
7	Keausan (%)	40	6 - 7,1 Maks 50	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengolahan Data.

Berdasarkan data hasil pengujian karakteristik terlihat bisa terlihat pada tabel IV.1 dan tabel IV.2 bahwa pada pengujian agregat halus dan kasar memenuhi syarat SNI, karena bisa terlihat dari pengujian agregat masuk dalam spesifikasi agregat yang disyaratkan SNI, akan tetapi nilai absorpsi agregat halus tidak memenuhi syarat SNI.

IV. 2. Mix Design

Material limbah beton yang digunakan berasal dari limbah beton Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Pada penelitian ini mutu beton rencana yaitu 40 MPa. Penelitian ini menggunakan bahan tambah berupa produk dari SIKA yaitu *superplasticizer*. Komposisi agregat penyusun beton dapat dilihat pada Tabel IV.2 untuk silinder beton SCC dan Tabel IV.3 untuk balok beton SCC.

Tabel IV. 3 Mix Design Silinder Beton SCC

Material	Berat Material (Kg/m ³) (Lamp. D Hal. 69)	Rasio Terhadap Berat Semen	Berat Untuk 1 Benda Uji (Kg) (Lamp. D Hal. 69)
Air	210,00	0,350	0,3925
Semen	600,000	1,000	1,9625
Pasir	749,405	1,249	0,4258
Agregat kasar (Limbah beton)	767,390	1,279	0,7908
<i>Superplasticizier</i>	12,000	0,020	0,1

Sumber : Dwiyana Afandi Baddu, 2020

Tabel IV. 4 Mix Design Balok Beton SCC

Material	Berat Material (Kg/m ³) (Lamp. E Hal. 73)	Rasio Terhadap Berat Semen	Berat Untuk 1 Benda Uji (Kg) (Lamp. E Hal. 73)
Air	210,000	0,350	1,814
Semen	600,000	1,000	5,184
Pasir	749,405	1,249	6,475
Kerikil	767,390	1,279	6,630
<i>Superplasticizier</i>	12,000	0,020	0,104

Sumber : Dwiyana Afandi Baddu, 2020

Tabel IV. 5 Komposisi Bahan Campuran Beton Untuk 1 benda uji yaitu 0.0072 m³

Sumber : jurnal, Sutran sidding dkk, 2020

BAHAN BETON					
Berat/m ³ Beton (kg)	Air	Semen	Pasir	Kerikil	Superplasticizer
	1.8	9	1.953	3.627	0.009

IV. 3 Slump test

Pengujian slump tes dilakukan untuk mengetahui Kekentalan (workability) adukan beton. Kekentalan adukan beton merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk dikerjakan dalam pekerjaan konstruksi tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton (segregasi). Tingkat kekentalan beton dipengaruhi oleh jumlah air, jumlah semen, bentuk butir agregat dan besar butir agregat. Untuk pengujian slump test pada penelitian ini dilakukan sebanyak 1 kali untuk masing masing variasi.

Tabel IV. 6 Nilai Slump Untuk Tiap Variasi Limbah Beton

No	Varisasi Campuran (%)	Test Slump (Cm)	Tes Slump Rata-rata (Cm)
1	0	10	10
2	100	10	

IV. 4 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder dengan ukuran alas 10 cm dan tinggi 20 cm. Benda uji ini terdiri dari 2 jenis yaitu benda uji silinder normal dan benda uji SCC dimana masing-masing terdiri dari 3 sampel. Benda uji ini merupakan pengontrol mutu beton yang direncanakan (*control specimen*). Pengujian dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*), dengan kapasitas 3000 KN, dimana benda uji dipasang dengan posisi vertikal. Pengujian dilakukan hingga benda uji retak atau benda uji tidak lagi dapat menahan beban yang diberikan, hal ini ditandai dengan cara jarum berwarna hitam petunjuk pada alat UTM sudah turun ke angka 0, maka pembebanan telah sampai pada nilai maksimumnya. Hasil dari pengujian benda uji silinder normal dapat dilihat pada tabel IV.7 dan pengujian benda uji silinder SCC pada tabel IV.4

Tabel IV. 7 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Silinder Beton Normal (SN)

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Beban (P) (KN)	Kuat Tekan ($f'_c = P/A$) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
19/09/22	SN ₁	28	3,531	10	7850	260	33,121	31,423
19/09/22	SN ₂	28	3,491	10	7850	250	31,847	
19/09/22	SN ₃	28	3,514	10	7850	230	29,299	

Sumber: Hasil pengolahan data, 2022

Sebelum di uji



Sesudah di uji



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

Tabel IV. 8 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Silinder limbah Beton SCC

Variasi Sampel	serta No	Tinggi Silinder (cm)	Diameter Silinder (cm)	Luas	Berat	Beban P	Kuat Tekan	Rata-rata
				(mm ²)	(Gram)	Maks (KN)	(F ³ c) Mpa	(F ³ c) MPa
						N		
BL 100	1	20	10	7850	3537	250	250000	31.847
%	2	20	10	7850	3596	180	180000	22.930
	3	20	10	7850	3649	250	250000	31.847
	4	20	10	7850	3590	240	240000	30.573
	5	20	10	7850	3534	270	270000	34.395
	6	20	10	7850	3586	270	270000	34.395

Hasil pengujian kuat tekan pada Tabel IV.8 dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata yang didapat yaitu sebesar 30,997 MPa. Hal ini membuktikan bahwa beton yang dibuat tidak memenuhi kuat tekan rencana yaitu sebesar 40 MPa, dikarenakan proses pencampuran di lakukan secara manual sedangkan penelitian terdahulu menggunakan proses pencampuran otomatis yaitu menggunakan mesin molen.

Sebelum di uji

Sesudah di uji



Gambar IV. 2 Pengujian Kuat Tekan Beton SCC (SS)

IV. 5 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian lentur dilakukan pada belok yang telah berumur 28 hari. Sampel yang diuji berupa balok beton dengan ukuran Panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm. Pengujian ini menggunakan 2 jenis balok beton yaitu balok beton normal (3 benda uji) dan balok limbah beton SCC (3 benda uji). Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel IV.9

Tabel IV. 9 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Lentur Balok Beton Normal (BN) dan Balok Limbah Beton Wiremesh (BLW)

KUAT LENTUR BETON UMUR 28 HARI							
Nama Sampel	Nomor Sampel	Panjang Bentang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Kuat Lentur		
					(KN)	(Mpa)	Rata-Rata (MPa)
BN 0%	1	450	150	150	29,6	3,947	4,240
	2	450	150	150	34	4,533	
	3	450	100	120	21,6	5,400	
BL 100%	1	450	100	120	13,2	3,300	3,300
	2	450	100	120	12,8	3,200	
	3	450	100	120	13,6	3,400	
BLW 100%	1	450	150	150	34,2	4,560	4,480
	2	450	150	150	34,8	4,640	
	3	450	150	150	31,8	4,240	

Sumber: Hasil pengolahan data, 2022

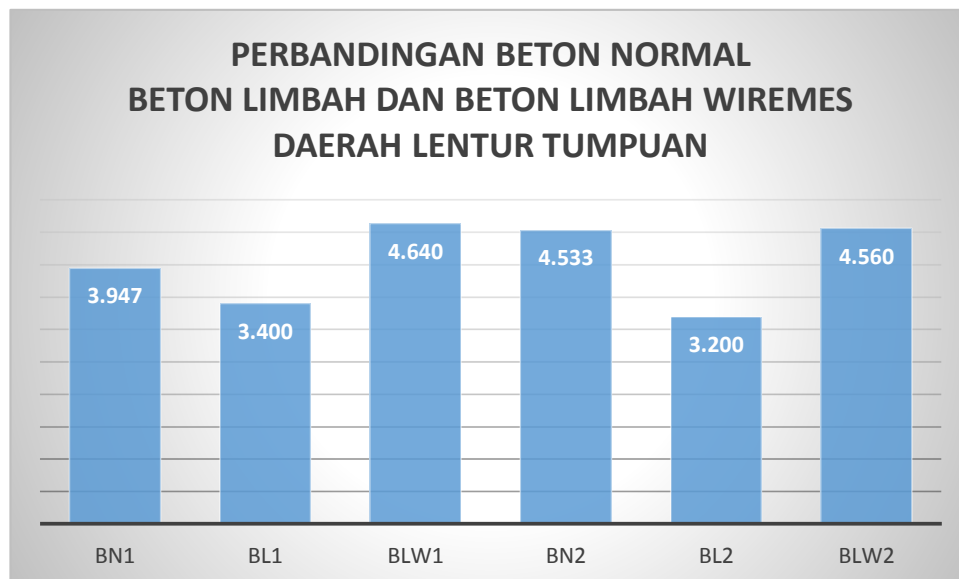
Berdasarkan Tabel IV.9 dapat diketahui bahwa dengan adanya perkuatan pada balok beton pada daerah tumpuan dapat meningkatkan nilai kuat lentur. Dimana pada balok beton normal kuat lentur rata-rata sebesar 4,240 MPa dan pada balok Limbah beton dengan perkuatan wiremesh sebesar 4,480 MPa. Perkuatan ini mengalami peningkatan sebesar 5,6% terhadap balok beton normal. Nilai kuat lentur sebesar 4,480 MPa > 4,240 MPa, hal ini disebabkan adanya penambahan kombinasi *wiremesh* daerah lentur dan daerah tumpuan sehingga dapat meningkatkan kekuatan kuat lentur pada balok Limbah beton.



Gambar IV. 3 Pengujian balok normal



Gambar IV. 4 Pengujian balok Limbah *wiremesh*



Gambar IV. 5 Diagram kuat lentur balok normal dan balok *wiremesh*

Keterangan:

BN : *Beton Normal*

BL : *Beton limbah*

BLW : Beton Limbah Wiremesh

IV.6 Pola Retak

IV.6.1 Pola Retak Balok Normal

Keretakan yang terjadi pada pengujian balok beton normal (BN) mengalami retak lentur (*flexural crack*). Hal ini ditunjukkan dengan pola retak balok beton yang terjadi di daerah pusat (posisi tengah bentang balok), dimana retakan terjadi tegak lurus terhadap sumbu melintang balok beton. Adapun jenis keretakan dapat dilihat pada gambar berikut :



(a) Pola Retak BN₁



(b) Pola Retak BN₂



(c) Pola Retak BN₃

Gambar IV. 6 Pola Retak Balok Beton Normal

Pola retak yang terjadi pada semua pengujian balok beton normal pada penelitian ini adalah pola retak lentur. Retakan awal yang terjadi pada balok ini semuanya terjadi pada daerah yang memiliki nilai momen maksimum yaitu jarak antar beban. Apabila beban yang diberikan pada balok terus bertambah maka retakan yang muncul di tengah bentang akan terus bertambah dan retakan awal yang terjadi akan semakin lebar dan menyebabkan balok beton patah.

IV.4.2 Pola Retak Balok Limbah *Wiremesh*

Jenis keretakan yang terjadi pada pengujian balok Limbah *wiremesh* (BLW) yaitu retak lentur (*flexural crack*), dimana nilai lentur jauh lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak yang terjadi hampir tegak lurus dengan sumbu balok.



(a) Pola

Retak BLW₁



(b) Pola Retak BLW₂

(c) Pola Retak BLW₃

Gambar IV. 7 Pola Retak Balok Limbah Wiremesh

Pola retak pada semua benda uji balok beton Limbah *wiremesh* menunjukkan pola retak lentur, dimana retak-retak yang terjadi dengan arah rambatnya vertikal terhadap sumbu memanjang balok. Retak –retak awal terjadi di daerah momen maksimum, yaitu diantara kedua beban mendekati tengah bentang balok. Jarak retak yang terjadi pada kedua jenis balok (BN dan BLW) secara umum relatif dan serta menunjukkan kesamaan pola retak.

IV.4.3 Pola Retak Balok Limbah tanpa *wiremesh*

Pola retak yang terjadi pada semua pengujian balok beton normal pada penelitian ini adalah pola retak lentur. Retakan awal yang terjadi pada balok ini semuanya terjadi pada daerah yang memiliki nilai momen maksimum yaitu jarak antar beban. Apabila beban yang diberikan pada balok terus bertambah maka retakan yang muncul di tengah bentang akan terus bertambah dan retakan awal yang terjadi akan semakin lebar dan menyebabkan balok beton patah.



Gambar IV. 8 Pola Retak Balok Limbah Beton tanpa wiremesh

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perbandingan kuat lentur balok beton normal sebesar 4,420 MPa dan kuat lentur balok Limbah beton dengan perkuatan wiremesh sebesar 4,480 MPa.
2. Persentase peningkatan kuat lentur balok beton normal terhadap perkuatan beton wiremesh sebesar 5,6%.
3. Pola retak yang terjadi antara balok beton normal dan balok dengan perkuatan wiremesh masing-masing mengalami retak lentur. Dimana retak-retak yang terjadi tegak lurus terhadap sumbu memanjang balok. Retak –retak awal terjadi di daerah momen maksimum, yaitu diantara kedua beban mendekati tengah bentang balok.

V.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya diberi variasi pada ukuran diameter *wiremesh* atau jumlah lapisan *wiremesh*.
2. Pada penelitian selanjutnya baiknya membandingkan antara jacketing yang menggunakan *superplasticizer* dan tanpa menggunakan *superplasticizer* guna mengetahui adakah pengaruh terhadap mutu beton.
3. Pengadaan alat-alat laboratorium seperti timbangan agar komposisi agregat lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Arwin Amiruddin. (2016). *Metode Retrofit Dengan Wire Mesh Dan Scc Untuk Peningkatan Kekuatan Lentur Balok Beton Bertulang*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245.
- ASTM C494 dan *British Standard 5075*. (1982): *Superplasticizer*, United State, Association of Standard Testing Materials.
- Baddu, Dwiyanu Afandi. (2020). *Perkuatan Balok Beton Scc Menggunakan Wiremesh Pada Daerah Lentur Dan Geser*. Universitas Fajar. Makassar
- Dipohusodo, Istimawan 1996. *Struktur Beton Bertulang*: Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Dualembang, Hery. 2014. *Studi Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang dengan Metode Retrofit Menggunakan Wiremesh dan SCC*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- EFNARC (2005): *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use*, UK
- Ismhayanti, Ma'rifah. (2014). *Studi Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang dengan Metode Retrofit Dikekang pada Daerah Lentur dan Geser Menggunakan Wiremesh dan SCC*. Universitas Hasanuddin. Makassar.

- Putri Pertiwi, Eka. 2018. *Studi Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Variasi Overlapping Tulangan Di Seperdua Bentangan Dengan Metode Retrofit Menggunakan Wiremesh Dan SCC*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Sofyan, Yanny Febry Fitriani. *Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang Material Retrofit Wiremesh dan SCC dengan Overlapping Tulangan Pada Sepertiga Bentangan*. 2018. Universitas Unhas. Makassar
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 1997. *Metoda Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium*. 03-4431-1997. Departemen Pekerjaan Umum, Pusat Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian Dan Pengembangan PU, Standarisasi Nasional Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2011). *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. SNI 4432:2011. Standarisasi Nasional Indonesia.
- Tjokrodinuljo, 2007. *Teknologi Beton*. Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Thomana, Beatriks, dkk. *Studi Penggunaan Material Retrofit Wiremesh dan SCC dengan Variasi Overlapping Tulangan di Sepertiga Bentangan Terhadap Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang*. Universitas Unhas. Makassar

LAMPIRAN

Lampiran A Pengujian Karakteristik Agregat Halus



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Hasil Percobaan I

$$A = \text{Volume Lumpur (VL)} = 10 \text{ MI}$$

$$B = \text{Volume Total (Lumpur + Pasir) (VT)} = 380 \text{ MI}$$

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

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur pasir adalah = 4.88 % memenuhi syarat dalam campuran beton maksimal 0,2 % - 5 %

Makassar, 16 Juli 2020



Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

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

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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir)

Berat contoh kering = 1.000 gram

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

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

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat halus adalah 3,00 dimana memenuhi syarat pencampuran beton yaitu 2,3 – 3,1.

Makassar, 16 Juli 2020

Mengetahui,



Koordinator Laboratorium

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

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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 17 Juli 2018

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	Gram	102
B	Berat Talam + Benda Uji	Gram	2085
C	Berat benda Uji (B - A)	Gram	1983
D	Berat Benda Uji Kering	Gram	1879

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

Jadi hasil pengujian kadar air agregat halus adalah 4,53 % dimana memenuhi syarat campuran beton 3% - 5%.

Makassar, 17 Juli 2020

Mengetahui,



Koordinator Laboratorium

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

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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 17 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Volume Agregat Halus (Pasir)

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

Jadi hasil pengujian berat volume agregat halus adalah kondisi padat = 1,473 kg/liter dan gembur = 1,395 kg/liter dimana memenuhi syarat pencampuran beton 1,4 – 1,9 kg/liter.

Makassar, 17 Juli 2020



Mengetahui

Koordinator Laboratorium

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

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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 18 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Halus (Pasir)

Hasil Percobaan I

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

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

- On Dry Basic

$$= \frac{G}{B + E - C}$$

$$= \frac{243}{250 + 393 - 552}$$

$$= \frac{243}{91}$$

$$= 2,68 \text{ gram}$$

- SSD Basic

$$= \frac{B}{B + E - C}$$

$$= \frac{250}{250 + 393 - 552}$$

$$= \frac{250}{91}$$

$$= 2,75 \text{ gram}$$

- Absorption

$$= \frac{B - G}{G} \times 100\%$$

$$= \frac{250 - 243}{243} \times 100\%$$

$$= \frac{20}{243} \times 100\%$$

$$= 2.88 \%$$

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

Makassar, 18 Juli 2020

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

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



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 19 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Organik Agregat Halus (Pasir)

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



Gambar hasil pengujian



Gambar standar warna

Makassar, 19 Juli 2020

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

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

Lampiran B Pengujian Karakteristik Agregat Kasar



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 23 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Volume Agregat Kasar (Kerikil)

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

Jadi hasil pengujian berat volume agregat kasar pada kondisi padat = 1, 449 kg/liter dan gembur = 1,246 kg/liter dimana memenuhi syarat pencampuran beton 1,6 - 1,9 kg/liter.

Makassar, 23 Juli 2020

Mengetahui,



Koordinator Laboratorium

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

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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 20 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Analisa Saringan Agregat Kasar (Kerikil)

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAAN	PERSEN TERTAHAAN	Σ PERSEN TERTAHAAN	PERSEN LOLOS
Mm	gram	%	%	%
1	0	0,00	0,000	100,00
3\4	124	8,27	8,27	91,73
3\8	1088	72,53	80,80	19,20
4	280	18,67	99,47	0,53
8	8	0,53	100,000	0,00
16	0	0,00	100,000	0,00

30	0	0,00	100,000	0,00
50	0	0,00	100,000	0,00
100	0	0,00	100,000	0,00
Pan	0	0,00	0,000	0,00
Jumlah	1500	100,00	688,533	211,47

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

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat kasar adalah 6,9 dimana memenuhi syarat pencampuran beton 6 – 7,1.

Makassar, 20 Juli 2020

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

 Asri Mulya Setiawan, ST., MT.



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 21 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Kasar (Kerikil)

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

$$\text{Kadar Air} = \frac{C - D}{D} \times 100\%$$

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

Jadi pengujian kadar air agregat kasar adalah 1,769 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton 0,5% - 2%.

Makassar, 21 Juli 2020

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

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



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 21 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Lumpur Agregat Kasar (Kerikil)

Percobaan I

A = Berat Talam	=	101	Gram
B = Berat Kering Sebelum Dicuci	=	2500	Gram
C = Berat Kering Setelah Dicuci + Talam	=	2543	Gram
D = Berat Kering Setelah Dicuci	=	2489	Gram

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

$$= \frac{11}{2500} \times 100\%$$

$$= 0,44 \%$$

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur kerikil adalah = 0,44 % memenuhi syarat dalam campuran beton maksimal 1 %.

Makassar, 21 Juli 2020

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

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



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 23 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Kasar (Kerikil)

A = Berat Kosong Keranjang	=	540	gram
B = Berat Keranjang + Benda Uji SSD Udara	=	3440	gram
C = Berat Keranjang + Benda Uji didalam air	=	1500	gram
D = Berat Keranjang Dalam Air	=	474	gram
E = Berat Benda Uji Kering Oven	=	2498	gram

'
 • = $\frac{E}{\quad}$

$$\begin{aligned}
 &\text{Apparent SG} &&= \frac{E - C - D}{2498} \\
 & &&= \frac{2498 - 1500 - 474}{2498} \\
 & &&= \frac{524}{2498} \\
 & &&= 2,09 \text{ gram} \\
 \\
 &\bullet \text{ On Dry Basic} &&= \frac{E}{B - A - C - D} \\
 & &&= \frac{2498}{3440 - 540 - 1500 - 474} \\
 & &&= \frac{2498}{1874} \\
 & &&= 2,33 \text{ Gram} \\
 \\
 &\bullet \text{ SSD Basic} &&= \frac{B - A}{B - A - C - D} \\
 & &&= \frac{3440 - 540}{3440 - 540 - 1500 - 474} \\
 & &&= \frac{2900}{1874} \\
 & &&= 1,55 \text{ Gram} \\
 \\
 &\bullet \text{ Absorption} &&= \frac{(B - A) - E}{E} \times 100\% \\
 & &&= \frac{3440 - 540 - 2498}{2498} \times 100\% \\
 & &&= \frac{402}{2498} \times 100\% \\
 & &&= 1,6 \text{ Gram}
 \end{aligned}$$

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

Makassar, 23 Juli 2020

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

 Asri Mulva Sriawati, ST., MT.
 KOORDINATOR LABORATORIUM
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 24 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Keausan Agregat Kasar (Kerikil)

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

saringan no. 1/2 & 3/4 (masing-masing 3.000 gram)

-Saringan 1/2 = 2500

-Saringan 3/8 = 2500

- Berat sebelum di abrasi (A)

- Berat setelah diabrasi = 3010 (B)

Perhitungan

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

Jadi nilai rata – rata dari keausan agregat kasar adalah = 51,24% dimana memenuhi syarat pencampuran beton maksimal 50 %.

Makassar, 24 Juli 2020

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

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



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Zefanya Indarto

Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 24 Juli 2020

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Volume Agregat Kasar (LimbahBeton)

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

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

Makassar Juni 2021



Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.

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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 14

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Analisa Saringan Agregat Kasar (Limbah Beton)

Berat contoh kering = 5015 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	0	0,00	0,000	100,00
3/4'	610	12,16	12,164	87,84
1/2'	510	10,17	22,333	77,67
3/8'	900	17,95	40,279	59,72

4	600	11,96	52,243	47,76
8	565	11,27	63,509	36,49
16	420	8,37	71,884	28,12
30	370	7,38	79,262	20,74
50	345	6,88	86,142	13,86
100	335	6,68	92,822	7,18
pan	360	7,18	100,000	0,00
Jumlah	5015	100	620,638	

$$\text{Modulus Kekhalusan Kerikil (F)} = \frac{620,63}{\frac{8}{100}} = 6,21$$

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

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Asri Mulya Setiawan, ST., MT.

COORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 15

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Kasar (Limbah Beton)

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

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

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

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 18

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Keausan Agregat Kasar (Limbah Beton)

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

saringan no. 1/2 & 3/8 (masing-masing 3.000 gram)

-Saringan 1/2 = 2500

-Saringan 3/8 = 2500

- Berat sebelum di abrasi (A) = 5000

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

Perhitungan

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

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

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

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



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

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 19

Dikerjakan : Nur Ainun Hafifah Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

LAMPIRAN E SPESIFIKASI SNI KARAKTERISRIK

A. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus Menurut SNI

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

Sumber : Standar Nasional Indonesia

B. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Kasar Menurut SNI

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

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

Lampiran C Mix design Balok

Rencana mutu beton	= 40 MPa
Ukuran maksimum agregat	= 10 mm
Nilai slump	= 80 mm
Berat jenis semen PCC	= 3,15
Berat jenis spesifik SSD pasir	= 2,50 gram
Berat jenis spesifik SSD kerikil	= 2,56 gram
Volume balok (10 x 12 x 60)	= 0,0072 m ³
Faktor air semen	= 0,2

1. Kebutuhan air

Penetapan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan ditentukan yaitu sebanyak 250 liter.

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

Sumber: Buku teknologi beton (kardiyono tjokrodimulyo)

2. Penetapan kadar semen

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}}$$

$$= \frac{250.000}{0.2}$$

$$= 1250,00 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

3. Kebutuhan agregat campuran

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen.

$$\text{Kebutuhan agregat} = 2275 - 1250 - 250$$

$$= 775 \text{ kg}$$

4. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil dari poin 2 dan

3. Kebutuhan agregat halus dihitung dengan cara mengalikan kebutuhan agregat campuran dengan persentase berat agregat halusnya.

$$W \text{ Pasir} = 775 \times 35\%$$

$$= 271,25 \text{ kg}$$

5. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.

$$W \text{ Agregat kasar} = 775 - 271,25$$

$$= 503,75 \text{ kg}$$

6. Hasil mix design SSD karakteristik agregat

$$\text{Superplasticizer} = 1250,00 \times 0,1 \% = 1,25 \text{ kg}$$

Bahan Beton	Berat kg/m ³ Beton	Rasio Terhadap Jml Semen	Berat untuk 1 sampel (kg)
-------------	-------------------------------	--------------------------	---------------------------

Air	250,000	0,200	1,800
Semen	1250,00	1,000	9,000
Pasir	271,25	0,217	1,953
Kerikil	503,75	0,403	3,627
Superplasticizer	1,25	0,001	0,009

Lampiran D Perhitungan Pengujian Kuat Tekan

Tabel hasil pengujian kuat tekan silinder beton normal

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Beban (P) (KN)	Kuat Tekan (f'c = P/A) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
19/09/22	SN ₁	28	3,531	10	7850	260	33,121	31,423
19/09/22	SN ₂	28	3,491	10	7850	250	31,847	
19/09/22	SN ₃	28	3,514	10	7850	230	29,299	

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

Dimana :

fc' = Kuat tekan (Mpa)

P = Beban tekan (N) (1 kN=1000 N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

a) Kuat tekan silinder beton normal (SN₁)

$$P = 260 \text{ kN}$$

$$= 260 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 260000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{260000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2}$$

$$= 33,121 \text{ N/mm}^2 \approx 33,121 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (100 \text{ mm})^2$$

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

b) Kuat tekan silinder beton normal (SN₂)

$$P = 250 \text{ kN}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 250 \times 1000 \text{ N} & &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (100 \text{ mm})^2 \\
 &= 250000 \text{ N} & &= 7850 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f'c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{250000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2} \\
 &= 31,847 \text{ N/mm}^2 \approx 31,847 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

c) Kuat tekan silinder beton normal (SN₃)

$$\begin{aligned}
 P &= 230 \text{ kN} & & A = \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 230 \times 1000 \text{ N} & &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (100 \text{ mm})^2 \\
 &= 230000 \text{ N} & &= 7850 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f'c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{230000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2} \\
 &= 29,299 \text{ N/mm}^2 \approx 29,299 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

d) Kuat tekan rata-rata silinder beton normal (SN)

$$\begin{aligned}
 f'c &= \frac{SN1 + SN2 + SN3}{3} \\
 f'c &= \frac{33,121 \text{ MPa} + 31,847 \text{ MPa} + 29,299 \text{ MPa}}{3} \\
 f'c &= 31,423 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel hasil pengujian kuat tekan silinder beton SCC

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Beban (P) (KN)	Kuat Tekan (f'c = P/A) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
20/09/22	SN ₁	28	3,488	60	7850	310	39,490	36,518

20/09/22	SN ₂	28	3,504	60	7850	260	33,121	
20/09/22	SN ₃	28	3,477	60	7850	290	36,943	

Rumus : $f'_c = \frac{P}{A}$

Dimana :

f'_c = Kuat tekan (Mpa)

P = Beban tekan (N) (1 kN=1000 N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

a) Kuat tekan silinder beton SCC (SS₁)

$$P = 310 \text{ kN}$$

$$= 310 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 310000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{310000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2}$$

$$= 39,490 \text{ N/mm}^2 \approx 39,490 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (100 \text{ mm})^2$$

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

b) Kuat tekan silinder beton SCC (SS₂)

$$P = 260 \text{ kN}$$

$$= 260 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 260000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{260000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2}$$

$$= 33,121 \text{ N/mm}^2 \approx 33,121 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (100 \text{ mm})^2$$

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

c) Kuat tekan silinder beton SCC (SS₃)

$$P = 290 \text{ kN}$$

$$= 290 \times 1000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (100 \text{ mm})^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 290000 \text{ N} && = 7850 \text{ mm}^2 \\
 f'_c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{290000 \text{ N}}{7850 \text{ mm}^2} \\
 &= 36,943 \text{ N/mm}^2 \approx 36,943 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

d) Kuat tekan rata-rata silinder beton SCC (SS)

$$f'_c = \frac{SS1 + SS2 + SS3}{3}$$

$$f'_c = \frac{39,490 \text{ MPa} + 33,121 \text{ MPa} + 36,943 \text{ MPa}}{3}$$

$$f'_c = 36,518 \text{ MPa}$$

Lampiran E Perhitungan Pengujian Kuat Lentur

Tabel hasil pengujian kuat lentur balok beton normal

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Beban (P) (KN)	Kuat Lentur (σ) (MPa)	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
20/09/22	BN ₁	28	450	150	150	29,6	3,947	4,507
20/09/22	BN ₂	28	450	150	150	34	4,533	
20/09/22	BN ₃	28	450	100	120	21,6	5,400	

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

Dimana :

σ = Kuat lentur (Mpa)

P = Beban tekan (N) (1 kN=1000 N)

L = Jarak bentang (mm)

b = Lebar (mm)

h = Tinggi (mm)

a) Kuat lentur untuk balok beton normal (BN1)

$$\begin{aligned} P &= 29,6 \text{ kN} \\ &= 29,6 \times 1000 \text{ N} \\ &= 29600 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{29600 \text{ N} \times 450 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150 \text{ mm})^2} \\ &= \frac{13320000 \text{ Nmm}^2}{33750000 \text{ mm}^3} \\ &= 3,947 \text{ N/mm}^2 \approx 3,947 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b) Kuat lentur untuk balok beton normal (BN2)

$$\begin{aligned} P &= 34 \text{ kN} \\ &= 34 \times 1000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 34000 \text{ N}$$

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

$$\sigma = \frac{34000 \text{ N} \times 450 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{15300000 \text{ Nmm}}{3375000 \text{ mm}^3}$$

$$= 4,533 \text{ N/mm}^2 \approx 4,533 \text{ MPa}$$

c) Kuat lentur untuk balok beton normal (BN3)

$$P = 21,6 \text{ kN}$$

$$= 21,6 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 216000 \text{ N}$$

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

$$\sigma = \frac{21600 \text{ N} \times 450 \text{ mm}}{100 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{9720000 \text{ Nmm}}{1800000 \text{ mm}^3}$$

$$= 5,400 \text{ N/mm}^2 \approx 5,400 \text{ MPa}$$

d) Kuat lentur rata-rata balok beton normal (BN)

$$\sigma = \frac{BN1 + BN2}{2}$$

$$\sigma = \frac{3,947 \text{ MPa} + 4,533 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma = 4,240 \text{ MPa}$$

Tabel hasil pengujian kuat lentur balok beton *wiremesh*

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Beban (P) (KN)	Kuat Lentur (σ) (MPa)	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
20/09/22	BW ₁	28	450	150	150	49,2	6,560	6,240
20/09/22	BW ₂	28	450	150	150	47,8	6,373	
20/09/22	BW ₃	28	450	150	150	43,4	5,787	

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

Dimana :

σ = Kuat lentur (Mpa)

P = Beban tekan (N) (1 kN=1000 N)

L = Jarak bentang (mm)

b = Lebar (mm)

h = Tinggi (mm)

a) Kuat lentur untuk balok beton *wiremesh* (BW1)

$$P = 49,2 \text{ kN}$$

$$= 49,2 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 49200 \text{ N}$$

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

$$\sigma = \frac{49200 \text{ N} \times 450 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{22140000 \text{ N/mm}}{3375000 \text{ mm}^3}$$

$$= 6,560 \text{ N/mm}^2 \approx 6,560 \text{ MPa}$$

b) Kuat lentur untuk balok beton *wiremesh* (BW2)

$$P = 47,8 \text{ kN}$$

$$= 47,8 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 47800 \text{ N}$$

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

$$\sigma = \frac{47800 \text{ N} \times 450 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{21510000 \text{ Nmm}}{33750000 \text{ mm}^3}$$

$$= 6,373 \text{ N/mm}^2 \approx 6,373 \text{ MPa}$$

c) Kuat lentur untuk balok beton *wiremesh* (BW3)

$$\begin{aligned} P &= 43,4 \text{ kN} \\ &= 43,4 \times 1000 \text{ N} \\ &= 43400 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{43400 \text{ N} \times 450 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times (150 \text{ mm})^2} \\ &= \frac{19530000 \text{ Nmm}}{3375000 \text{ mm}^3} \\ &= 5,787 \text{ N/mm}^2 \approx 5,787 \text{ MPa} \end{aligned}$$

d) Kuat lentur rata-rata balok beton *wiremesh* (BW)

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{BW1 + BW2 + BW3}{3} \\ \sigma &= \frac{6,560 \text{ MPa} + 6,373 \text{ MPa} + 5,787 \text{ MPa}}{3} \\ \sigma &= 6,240 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Untuk persentase kenaikan balok beton normal terhadap balok beton *wiremesh* dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Persentase kenaikan} &= \frac{BW - BN}{BN} \times 100 \\ &= \frac{6,240 \text{ MPa} - 4,240 \text{ MPa}}{4,240 \text{ MPa}} \times 100 \% \\ &= 47,170 \% \end{aligned}$$

Lampiran F Dokumentasi Pengujian Karakteristik

1. Nama pengujian : Penghancuran Limbah Beton



2. Penyaringan Limbah Beton



3. Persiapan pengecoran



4. Pengujian Slump Test



5. Pemotongan *wiremesh* sesuai ukuran yaitu 15 x 35 cm



6. Membuat kasar permukaan beton menggunakan gurinda



7. Pemasangan *wiremesh* ke balok beton normal



8. Perendaman benda uji



9. Penjemuran benda uji setelah perendaman 28 hari



10. Pengujian benda uji



