TUGAS AKHIR

PENGARUH PEMANFAATAN CAMPURAN SERABUT KELAPA TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA BETON

(THE INFLUENCE OF USING COCONUT FIBER MIXTURE TO THE COMPRESSIVE STRENGTH AND FLEXURAL STRENGTH ON THE CONCRETE)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Adhi Sulaeman
18511205

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2022

TUGAS AKHIR

PENGARUH PEMANFAATAN CAMPURAN SERABUT KELAPA TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA BETON

(THE INFLUENCE OF USING COCONUT FIBER MIXTURE TO THE COMPRESSION STRESS AND FLEXURAL STRENGTH ON THE CONCRETE)

Disusun oleh

Adhi Sulaeman
18511205

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 9 Agustus 2022
Oleh Dewan Penguji

Penguji I	Penguji II	Penguji III
Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.	**Ir. Helmy Akbar Bale, M.T.**	**Jafar S.T., M.T., MURP.**
NIK: 185111302	**NIK: 885110105**	**NIK: 185111305**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya dan sebenarnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi persyaratan kelulusan pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian- bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang- undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 21 Juli 2022 Yang membuat pernyataan,



Adhi Sulaeman
(18511205)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul "Pengaruh Pemanfaatan Campuran Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton" dengan semaksimal kemampuan penulis. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat beserta pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang terlibat dan senantiasa memberi saran, semangat, dan dukungan, hingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.

1. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Malik Mushthofa, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, nasihat, dan saran yang telah diberikan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen, pengajar, laboran, asisten, serta staff yang ada di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Darussalam dan Suwarno selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu penulis selama proses pengumpulan data pengujian.
5. Bapak Triyata, S.Pd. dan Ibu Sumilah, S.Pd.SD. selaku orang tua penulis, dan Ika Mila Susanti, S.T. selaku kakak penulis, yang selalu memberikan doa, nasihat dan semangat dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

6. Sahabat-sahabat seperantauan penulis, Afdelia Novianti, Iqbal Deprian Prayogo, Nesty Wulansari, dan Sri Rezki Wulandari.
7. Sahabat "Orang Dalam" yang telah memotivasi, mendorong, dan membantu penulis selama proses pembuatan sampel beton dan penyusunan Tugas Akhir.
8. Teman-teman Teknik Sipil 2018 yang telah menjadi rekan dan saudara selama proses perkuliahan.
9. Semua pihak yang telah terlibat, yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis sangat menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis memohon maaf dan berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 21 Juli 2022

Penulis,



Adhi Sulaeman

(18511205)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiv
ABSTRAK xvi
ABSTRACK xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 4
BAB II STUDI PUSTAKA 5
2.1 Tinjauan Umum 5
2.2 Penelitian Terdahulu 5
BAB III LANDASAN TEORI 11
3.1 Beton 11
3.2 Semen *Portland* (PC) 13
3.3 Air 15
3.4 Agregat 16

3.4.1 Agregat Halus 17
3.4.2 Agregat Kasar 19
3.4.3 Pengujian Agregat Halus 20
3.4.4 Pengujian Agregat Kasar 22
3.5 Beton Serat (*fibre concrete*) 24
3.5.1 Serabut Kelapa 25
3.6 Pengujian Beton 27
3.6.1 Uji Tekan 27
3.6.2 Uji Lentur 28
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 30
4.1 Tinjauan Umum 30
4.2 Bahan-Bahan 30
4.3 Peralatan 33
4.4 Lokasi Penelitian 40
4.5 Benda Uji 41
4.6 Proses Pelaksanaan Penelitiaan 41
4.6.1 Proses Persiapan dan Pemeriksaan Bahan 41
4.6.2 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design) 45
4.6.3 Proses Pembuatan Benda Uji 54
4.6.4 Proses Perawatan Benda Uji 56
4.6.5 Proses Pengujian Benda Uji 57
4.7 Pengolahan Data 59
4.8 Langkah-langkah Penelitian 59
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 62
5.1 Umum 62

5.2 Pengujian Agregat 62
5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus 62
5.2.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar 72
5.3 Perencanaan Campuran Beton *(Mix Design)* 81
5.4 Hasil Pengujan *Slump* 90
5.5 Hasil Pengujan Kuat Tekan Beton 92
5.6 Hasil Pengujian Kuat Lentur 99
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 106
1.1 Kesimpulan 106
1.2 Saran 107
DAFTAR PUSTAKA 108
LAMPIRAN 110

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Rencana Penelitian 9
Tabel 3.1 Komposisi Bahan Utama Semen 13
Tabel 3.2 Persyaratan Batas-batas Susunan Butir pada Agregat Halus 18
Tabel 3.3 Persyaratan Batas-batas Susunan Butir pada Agregat Kasar 19
Tabel 3.4 Komposisi Serabut Kelapa 26
Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji dengan Berbagai Variasi. 41
Tabel 4.2 Faktor Pengali Deviasi Standar 46
Tabel 4.3 Nilai Deviasi Standar Pada Tingkatan Pengendalian Mutu 46
Tabel 4.4 Faktor Pengali (k) Deviasi Standar 47
Tabel 4.5 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Dari Berbagai Macam Pembetonan Khusus 48
Tabel 4.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen = 0,5 49
Tabel 4.7 Perkiraan Kadar Air Bebas 50
Tabel 5.1 Rekapitulasi Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 64
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1 66
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2 67
Tabel 5.4 Gradasi Agregat Halus 68
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus 70
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus 71
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200 72
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar 73
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1 76
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2 77
Tabel 5.11 Gradasi Agregat Kasar 78
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar 80
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar 81
Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton 88

Tabel 5.15 Proporsi Campuran Beton dengan Bahan Tambah Serabut Kelapa Setiap Kali Mixing 89
Tabel 5.16 Nilai Slump Beton Pengujian 90
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 94
Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Penelitian 98
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Lentur 100
Tabel 5.20 Korelasi Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan 104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Uji Tekan 27
Gambar 4.1 Semen *Portland Composite* 31
Gambar 4.2 Agregat Halus 31
Gambar 4.3 Agregat Kasar 32
Gambar 4.4 Air 32
Gambar 4.5 Serabut Kelapa 33
Gambar 4.6 Saringan Agregat 33
Gambar 4.7 Mesin Pengaduk *(Mixer)* 34
Gambar 4.8 Cetakan Silinder 34
Gambar 4.9 Cetakan Balok 34
Gambar 4.10 Ember 35
Gambar 4.11 Kereta Sorong 35
Gambar 4.12 Kerucut Abrams 36
Gambar 4.13 Timbangan 36
Gambar 4.14 Piknometer 37
Gambar 4.15 Tongkat Penumbuk 37
Gambar 4.16 Oven 38
Gambar 4.17 Mesin Penggetar Saringan 38
Gambar 4.18 Jangka Sorong 39
Gambar 4.19 Mesin Tekan CTM (*Compression Testing Machine*) 39
Gambar 4.20 Mesin Uji Lentur UTM (*Universal Testing Machine*) 40
Gambar 4.21 Sendok Semen 40
Gambar 4.22 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen (FAS) 49
Gambar 4.23 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Disarankan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm 51
Gambar 4.24 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Disarankan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm 52
Gambar 4.25 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah Yang Sudah Padat 53

Gambar 4.26 Bagan Alir Penelitian 60
Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat Halus Sampel 1 68
Gambar 5.2 Kurva Gradasi Agregat Halus Sampel 2 69
Gambar 5.3 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 1 78
Gambar 5.4 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 2 79
Gambar 5.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) untuk Benda Uji Silinder Diameter 150 mm, Tinggi 300 mm 83
Gambar 5.6 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm 85
Gambar 5.7 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan 86
Gambar 5.8 Hubungan Nilai *Slump* dengan Panjang Serabut Kelapa 91
Gambar 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 95
Gambar 5.10 Perbandingan Hasil Uji Kuat Tekan 97
Gambar 5.11 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Kadar 0,2% 101
Gambar 5.12 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Kadar 0,3% 102
Gambar 5.13 Sampel Setelah Diuji Kuat Lentur 103

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunan Laboratorium 111
Lampiran 2 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium 112
Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Agregat 113
Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Perencanaan Campuran Beton 128
Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 129
Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton 130
Lampiran 7 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji 137

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$f'c$	= Kuat tekan beton (MPa)
$f'cr$	= Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan
flt	= Kuat lentur (MPa)
PC	= *Portland Cement*
PBI	= Peraturan beton Indonesia
SNI	= Standar nasional Indonesia
SSD	= *Saturated surface dry*
MPa	= Megapascal
°C	= Derajat celcius
M	= Nilai tambah
S_r	= Deviasi standar
w	= Kadar air bebas (kg/m^3)
W_h	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m^3)
W_k	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/m^3)
fas	= Faktor air semen
BJ_{gab}	= Berat jenis relatif/gabungan agregat
%Ag. Halus	= Presentase agregat halus (%)
%Ag. Kasar	= Presentase agregat kasar (%)
$BJ_{ag.\ halus}$	= Berat jenis agregat halus
$BJ_{ag.\ kasar}$	= Berat jenis agregat kasar
$W_{ag.\ gab.}$	= Kadar agregat gabungan (kg/m^3)
W_{beton}	= Berat isi beton (kg/m^3)
W_{semen}	= Kadar semen (kg/m^3)
$W_{ag.\ halus}$	= Kadar agregat halus (kg/m^3)
$W_{ag.\ kasar}$	= Kadar agregat kasar (kg/m^3)
P	= Beban maksimum (N)
A	= Luas penampang benda uji (mm^2)

m	= Meter
mm	= Milimeter
cm	= Centimeter
kN	= Kilonewton
N	= Newton
d	= Diameter tabung silinder (mm)
t	= Tinggi tabung silinder (mm)
kg	= Kilogram
L	= Panjang antar tumpuan benda uji (mm)
B	= Lebar tampang lintang patah (mm)
h	= Tinggi tampang lintang patah (mm)
c	= Jarak rata-rata antara lintang patah dan tumpuan terdekat

ABSTRAK

Karakteristik dari beton adalah memiliki ketahanan terhadap kuat tekan, namun memiliki kelemahan terhadap kuat tarik dan kuat lentur. Sehingga perlu adanya inovasi yang dapat diterapkan pada campuran beton seperti dengan menambahkan bahan serat yang organik, salah satunya dengan menambahkan campuran serabut kelapa ke dalam campuran beton untuk berinovasi dan mengetahui kekuatan dari beton yang dikombinasi dengan serabut kelapa yang merupakan bahan-bahan organik. Selain itu penambahan serabut kelapa juga diharapkan mampu menunda terjadinya keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba.

Pada penelitian ini, penulis menambahkan campuran serabut kelapa dengan variasi panjang 2 cm, 3 cm, dan 4 cm dengan presentase serabut kelapa sebanyak 0,2% dan 0,3% dari berat beton normal di setiap masing-masing variasi ke dalam adukan beton segar. Bahan campuran tersebut kemudian diaplikasikan sebagai bahan tambah untuk mengetahui kuat tekan dan kuat lentur yang dihasilkan oleh beton. Penambahan serabut kelapa dengan presentase rendah diharapkan dapat mengisi rongga-rongga kecil yang ada pada beton, sehingga dapat menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat lentur yang lebih baik lagi. Perhitungan perencanaan campuran beton menggunakan SNI 2834-2000 dengan kuat tekan rencana 25 MPa.

Hasil dari penelitian yang dilakukan, penambahan serabut kelapa ke dalam campuran beton menunjukkan adanya peningkatan terhadap nilai kuat tekan dan kuat lentur, kenaikan nilai kuat tekan optimum terdapat pada beton dengan variasi panjang 3 cm dengan kadar 0,2% dari berat beton normal (BV_3-0,2) yaitu sebesar 31,94 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 27,76% dari kuat tekan rencana yaitu sebesar 25 MPa. Kenaikan nilai kuat lentur optimum terdapat pada beton dengan variasi panjang 3 cm dengan kadar 0,3% dari berat beton normal (BV_3-0,3) yaitu sebesar 4,348 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 18,70% dari hasil kuat lentur beton normal.

Kata kunci: Kuat tekan, Kuat lentur, Serabut kelapa

ABSTRACK

The characteristics of concrete is that it has resistance to compressive strength, but has a weakness in tensile strength and flexural strength. So there is a need for innovations that can be applied to concrete mixtures such as by adding organic fiber materials, one of which is by adding a mixture of coconut fibers into the concrete mix to innovate and determine the strength of concrete combined with coconut fibers which are organic materials. In addition, the addition of coconut fiber is also expected to be able to delay the sudden collapse.

In this study, the authors added a mixture of coconut fibers with variations in length of 2 cm, 3 cm, and 4 cm with a percentage of coconut fiber as much as 0.2% and 0.3% of the normal weight of concrete in each variation into the fresh concrete mix. The mixed material is then applied as an added material to determine the compressive strength and flexural strength produced by the concrete. The addition of coconut fiber with a low percentage is expected to fill the small cavities in the concrete, so that it can produce better compressive strength and flexural strength values. Calculation of concrete mix planning using SNI 2834-2000 with a design compressive strength of 25 MPa

The results of the research conducted, the addition of coconut fibers into the concrete mixture showed an increase in the value of compressive strength and flexural strength, the increase in the optimum compressive strength value was found in concrete with a length variation of 3 cm with a content of 0.2% of normal concrete weight (BV3- 0.2) which is 31.94 MPa or an increase of 27.76% from the design compressive strength of 25 MPa. The increase in the optimum flexural strength value is found in concrete with a length variation of 3 cm with a content of 0.3% of normal concrete weight (BV3-0.3) which is 4.348 MPa or an increase of 18.70% from the normal flexural strength of concrete.

Keywords**:** *Compressive strength, flexural strength, Coconut Fiber*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan konstruksi di Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, seperti pembangunan perumahan, gedung-gedung bertingkat dan konstruksi lainya, yang sangat membutuhkan beton sebagai bahan konstruksi. Alasan utama beton masih banyak digunakan dalam konstruksi bangunan hingga saat ini dikarenakan material penyusun yang masih mudah ditemukan sehingga lebih ekonomis dibanding dengan penggunaan bahan lain. Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan, maka perhatian terhadap aspek lingkungan juga harus lebih ditingkatkan. Teknologi beton moderen pada saat ini memungkinkan untuk membatasi penggunaan material yang berasal dari alam, dan menggantikannya dengan bahan-bahan yang lebih murah, organik, dan mudah didapatkan.

Karakteristik yang dimiliki oleh beton adalah memiliki ketahanan terhadap kuat tekan, namun memiliki kelemahan terhadap gaya tarik. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah dengan menambahkan serat organik ke dalam campuran beton. Untuk mengembangkan teknologi mengenai beton, sebagai usaha untuk memperbaiki sifat-sifat beton dan kinerja beton dengan biaya yang murah dan juga tanpa mengurangi nilai mutunya, beton dapat diberi bahan tambahan seperti penggunaan limbah buangan serat ijuk, serabut kelapa, abu sekam padi, limbah gergajian, abu cangkang sawit, abu terbang (*fly ash*) *mikrosilika (silica fume)*, dan lain-lain (Mulyono, 2005).

Serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ukuran serat yang pada umumnya 5 sampai 500 μm (mikrometer). Adapun kelebihan penggunaan beton dengan campuran serabut kelapa seperti memiliki nilai ekonomis (bahan dasarnya mudah diperoleh), memiliki kemampuan kuat tarik yang baik, kemudahan dibentuk sesuai kebutuhan yang diinginkan, tahan terhadap api, awet, dan mudah dalam perawatannya. Selain itu bahan serabut kelapa dapat mengikat campuran

beton dengan baik, sehingga beton tidak mudah patah dan akan lebih daktail (Wahyudi, 2014).

Beton serat adalah beton yang terdiri dari semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah berupa serat. Penambahan serabut kelapa diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton, baik dari nilai kuat tekan, kuat tarik dan kuat lenturnya. Penelitian menggunakan serat serabut kelapa pernah dilakukan oleh Ardhiansyah (2018) dengan menambahkan serat sebanyak 0,125% dan 0,2 % dari berat beton normal. Penambahan serat tersebut berhasil meningkatkan nilai kuat tekan awal dari 25 MPa menjadi 29.859 MPa di panjang serat 3 cm. Untuk itu, bahan tambah organik seperti serabut kelapa ini perlu dikembangkan, sehingga penelitian ini mencoba memanfaatkan serabut kelapa sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton segar dengan tujuan untuk berupaya meningkatkan kualitas beton.

Pada penelitian ini, penulis menambahkan campuran serabut kelapa dengan variasi panjang 2 cm, 3 cm, dan 4 cm dengan komposisi serabut kelapa sebanyak 0,2% dan 0,3% dari berat beton normal. Bahan campuran serabut kelapa tersebut kemudian diaplikasikan sebagai bahan tambahan yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kuat tarik yang dihasilkan oleh beton. Penambahan serabut kelapa dengan presentase rendah diharapkan dapat mencegah terjadinya retak-retak sehingga beton dengan tambahan serabut kelapa lebih daktail daripada beton normal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka akan muncul pertanyaan yang dapat dijadikan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah penambahan serabut kelapa sesuai dengan panjang dan presentase pada penelitian ke dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton?
2. Berapakah presentase serabut kelapa optimum yang dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton?

3. Berapakah panjang serabut kelapa optimum yang dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton?
4. Berapakah nilai kuat tekan dan kuat lentur optimum dari penelitian yang dilakukan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain adalah untuk mengetahui:

1. Mengetahui pengaruh penambahan serabut kelapa dalam campuran beton terhadap peningkatan nilai kuat tekan dan lentur pada beton.
2. Mengetahui presentase penambahan serabut kelapa yang optimal dalam campuran beton.
3. Mengetahui panjang serabut kelapa optimum yang digunakan pada campuran beton yaitu antara (2 cm, 3 cm, dan 4 cm).
4. Mengetahui nilai kuat tekan dan kuat lentur yang maksimal dari beton dengan campuran serabut kelapa.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan serabut kelapa terhadap kuat tekan dan lentur pada beton.
2. Mengetahui komposisi terbaik dari campuran beton dengan tambahan serabut kelapa.
3. Sebagai wawasan untuk mengembangkan teknologi bahan dalam campuran beton.
4. Mendapatkan beberapa perbaikan dari sifat-sifat beton sehingga kelemahan yang ada pada beton dapat diperbaiki.
5. Menjadi referensi bagi penyedia jasa konstruksi dan masyarakat pada umumnya.
6. Memanfaatkan limbah organik menjadi barang yang bernilai ekonomis dan bermanfaat.

1.5 Batasan Masalah

Terdapat batasan-batasan masalah pada penelitian untuk menjadikan penelitian ini dapat berfokus dan lebih mendetail, seperti yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Mutu kuat tekan awal beton (*f'c*) adalah 25 MPa pada umur 28 hari.
2. Perencanaan campuran beton *(mix design)* menggunakan standar SNI-03-2834-2000.
3. Agregat halus (pasir) berasal dari progo.
4. Agregat kasar (batu pecah) berasal dari clereng.
5. Ukuran agregat kasar maksimum yang dipakai 20 mm.
6. Penelitian ini menggunakan semen *portland composite,* merk dynamix.
7. Panjang serabut kelapa yang digunakan yaitu, 2 cm, 3 cm dan 4 cm.
8. Serabut kelapa berasal dari perajin *cococrative* yang berasal dari Cilacap, Jawa Tengah.
9. Presentase serabut kelapa yang digunakan yaitu 0%, 0,2%, 0,3% dari berat beton normal.
10. Sampel benda uji kuat tekan beton yang dibuat berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
11. Sampel benda uji kuat lentur beton berbentuk balok dengan dimensi 60×15×15 cm.
12. Perawatan beton dilakukan dengan cara merendam benda uji selama 27 hari, dengan waktu pengeringan selama 1 hari.
13. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada umur beton 28 hari.
14. Penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perancanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta dapat juga ditambahkan bahan *additive.* Pada saat keras, beton diharapkan dapat memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Kekuatan pada beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (Tjokrodimuljo, 1996). Beton yang terdiri dari agregat, semen dan air yang bercampur dalam satu kesatuan dalam keadaan plastis, sehingga mudah untuk digunakan dalam konstruksi bangunan.

Beton serat merupakan beton yang pada proses pembuatannya terdapat penambahan serat di dalamnya, yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kuat tarik dan kuat lentur beton agar lebih tahan terhadap pengaruh perubahan iklim, temperatur, ataupun cuaca. Bahan tambahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (*poly-propyline*), atau potongan kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan seperti rami, sabut kelapa, bamboo, ijuk (Mulyono, 2005). Penambahan serat akan berpengaruh pada kuat tekan beton. Peningkatan lekatan pada beton serat akan memperkecil kemungkinan terjadinya retak dan lentur yang berlebih serta akan meningkatkan kekuatan beton secara keseluruhan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan hasil-hasil dari penelitian terdahulu dengan tema atau masalah yang sama guna mendapat informasi yang sejenis yang ada kaitannya

dengan penelitian ini.

1. Penelitian berjudul Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi oleh Eduardi Prahara, Gouw Tjie Long, dan Rachmansyah, 2007.

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan material serat serabut kelapa dengan presentase penambahan 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% sebagai bahan alternatif terhadap kekuatan beton mutu tinggi. Dengan nilai kuat tekan rencana sebesar 60 Mpa. Berdasarkan hasil pengujian data hasil kuat tekan beton silinder dan hasil kuat tarik beton balok, disimpulkan bahwa kenaikan kuat tekan sebesar 9% dapat diperoleh dengan tambahan serat serabut kelapa sebesar 1,5% dan peningkatan kuat tarik beton sebesar 19,7% dapat diperoleh dengan penambahan sabut kelapa sebanyak 2%, sehingga penambahan serat serabut kelapa sangat berpengaruh terhadap kuat tarik beton mutu tinggi (Prahara et al., 2015).

2. Penelitian berjudul Pengaruh Pemanafaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Beton oleh Muhammad Dian Ardhiansyah, 2018

   Penelitiaan ini bertujuan untuk mengetahui penambahan sabut kelapa terhadap kuat tekan dan daya serap pada beton dengan presentase penamabahan sabut kelapa sebesar 0%, 0,125% dan 0,2% dari berat beton normal dengan panjang serat 3 cm, 6 cm, dan 9 cm. Tinjauan analisis penelitian ini adalah kuat tekan dan daya serap beton dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Dari hasil pengujian, diketahui bahwa penambahan serabut kelapa ke dalam campuran beton dengan presentase dan panjang serat yang berbeda dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton dari kuat tekan awal 25 MPa. Pada benda uji BV3-0,2 dengan komposisi sabut kelapa 0,2% dari berat beton normal dengan panjang serat 3 cm, memiliki nilai kuat tekan paling tinggi sebesar 29,859 MPa. Peningkatan panjang serat sabut kelapa dan daya serap pada beton ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton hingga panjang serat dan daya serap tersebut mencapai titik optimumnya. Untuk penambahan sabut kelapa 0,125%, titik optimum panjang serat dan daya serap adalah 3,246

cm dan 2,544%. Kemudian untuk penambahan sabut kelapa 0,2%, titik optimum panjang serat dan daya serap adalah 3,325 cm dan 2,695% (Ardiansyah, 2018).

3. Penelitian berjudul Pengaruh Serat Ijuk dan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Pada Pembuatan Beton oleh Agung Apriliana, Athiya Nabila Trinovia, Deudeu Adawiah, Dimas Bayu Prasetyo Muslich, Moh. Agil, dan Muhammad Nawalussalam, 2020

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembuatan beton dengan bahan tambahan serat ijuk dan serabut kelapa untuk mengurangi penggunaan agregat halus (pasir) dilakukan dengan beberapa variasi presentase dan panjang serat ijuk dan sabut kelapa. Pengujian kuat tekan rata-rata beton dengan variasi presentase serat ijuk dan sabut kelapa yakni sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%, dan 1,25%. Pengujian kuat tarik belah beton dengan variasi presentase serat 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% serta variasi panjang serat (cm) dengan presentase campuran serat tetap yakni 1%. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah menunjukkan bahwa penggunaan serat ijuk dan sabut kelapa memberikan dampak yang baik bagi mutu beton. Hal ini dapat dilihat dari hasil kuat tekan rata-rata dan kuat tarik belah beton yang semakin tinggi. Namun, presentase dan panjang serat yang digunakan pada campuran beton juga mempengaruhi besarnya kuat tarik dan tekan beton. (Apriliana et al., 2020).

4. Penelitian berjudul Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton oleh Purwanto, Diah Rahmawati, dan Sutarno, 2021

   Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki karakter dari gaya tarik dan gaya lentur pada beton, penambahan serabut kelapa dengan panjang 2 cm untuk kekuatan mutu beton rencana 20 MPa dengan presentase penambahan serat dari 0%, 1%, dan 2% dari volume beton. Hasil yang didapatkan kuat tekan beton rata-rata untuk balok serabut kelapa 0% sebesar 237,79 kg/cm^2, balok serabut kelapa 1% sebesar 228 ,73 kg/cm^2, balok serabut kelapa 2% sebesar 212,88 kg/cm^2. Dari data tersebut dapat dilihat adanya penurunan kuat tekan

beton, pada penambahan serat 1% turun 9,06%, pada penambahan serat 2% turun 24,91%. Sedangkan pada kuat tekan lentur rata-rata belok serat serabut kelapa 0% sebesar 19,20 kg/cm^2, balok serat serabut kelapa 1% sebesar 21,60 kg/cm^2 , dan balok serat serabut kelapa 2% sebesar 21,73 kg/cm^2 . Sehingga dari hasil tersebut dapat dilihat kenaikan kuat lenturnya, penambahan 1% mengalami kenaikan 2,4% dan 2% mengalami kenaikan 2,53% (Purwanto et al., 2021).

Berikut referensi penelitian terdahulu terangkum dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Rencana Penelitian

Peneliti	Eduardi Prahara dkk (2007)	Ardhiansyah (2018)	Agung Apriliana dkk (2020)	Purwanto dkk. (2021)	Penulis (2022)
Judul Penelitian	Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi	Pengaruh Pemanafaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Beton	Pengaruh Serat Ijuk dan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Pada Pembuatan Beton	Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton	Pengaruh Pemanfaatan Campuran Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Pada Beton
Kadar Serat	1,5%; 2%; 2,5%; dan 3%	0% 0,125% dan 0,2%	0%, 0,25%,0,5%, 0,75%, 1%, dan 1,25%	0%, 1%, dan 2%	0%, 0,2% dan 0,3%
Jenis Pengujian	Kuat tekan dan kuat lentur	Kuat tekan dan Daya Serap	Kuat tekan dan kuat tarik	Kuat tekan dan kuat lentur	Kuat tekan dan kuat lentur
Benda Uji	Silinder 15 x 30 cm Balok 15 x 15 x 75	Silinder 15 x 30 cm	Kubus 15 x 15 x 15 cm	Silinder 15 x 30 cm & Balok 60 x 15 x 15 cm	Silinder 15 x 30 cm & Balok 60 x 15 x 15 cm
Kuat Tekan Rencana	60 MPa	25 MPa	-	20 MPa	25 MPa
Umur Beton	28 hari	28 hari	7 hari dan 28 hari	28 hari	28 hari

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Rencana Penelitian

Peneliti	Eduardi Prahara dkk (2007)	Ardhiansyah (2018)	Agung Apriliana dkk (2020)	Purwanto dkk. (2021)	Penulis (2022)
Hasil Penelitian	1. Peningkatan kuat tekan sebesar 9% dengan penambahan serabut kelapa sebanyak 1,5% 2. Peningkatan kuat tarik sebesar 19,7% dengan penambahan serabut kelapa sebanyak2%.	1. Benda uji dengan komposisi sabut kelapa 0,2% dari berat beton normal dengan panjang serat 3 cm, memiliki nilai kuat tekan paling tinggi sebesar 29,859 MPa. 2. Titik optimum panjang serat dan daya serap adalah 3,325 cm dan 2,695%.	1. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah menunjukkan bahwa penggunaan serat ijuk dan serabut kelapa memberikan dampak yang baik bagi mutu beton.	1. Penurunan kuat tekan, pada penambahan serat 2% menurun 24,91%. 2. Kenaikan kuat lentur terbesar terdapat pada penambahan serat 2% sebesar 2,53%	1. Peningkatan nilai kuat tekan beton sebesar 27,76% dari kuat tekan rencana 25 Mpa, pada penambahan variasi serabut kelapa dengan panjang 3 cm dan presentase 0,2%. 2. Peningkatan nilai kuat lentur beton sebesar 18,70% dari kuat lentur beton normal, pada penambahan variasi serabut kelapa dengan panjang 3 cm dan presentase 0,3%.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan bahan bersifat komposit yang merupakan hasil pencampuran bahan-bahan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen dan bahan sejenis lainnya. Bahan penyusun beton yang berupa batuan yang diikat dengan bahan perekat berupa semen. Bahan batuan yang dipakai sebagai bahan pengikat beton terdiri dari agregat kasar (kerikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir) yang komposisinya berkisar 70%-75% dari seluruh beton. Penambahkan semen secukupnya pada saat pembuatan beton berfungsi sebagai perekat bahan penyusun beton, kemudian penambahan air bertujuan untuk membantu proses reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) pada beton merupakan fungsi yang terdiri dari banyak faktor, seperti nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Jika diperlukan,bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Nilai kuat tekan pada beton relatif lebih tinggi dibanding dengan kuat tariknya, selain itu beton juga merupakan bahan yang getas atau mudah rapuh. Nilai kuat tarik pada beton berkisar 9%-15% dari nilai kuat tekan betonnya, oleh karena itu pada struktur bangunan, beton perlu diperkuat dengan tambahan tulangan baja agar dapat menambah nilai kuat tariknya, sehingga beton bekerja bersama tulangan baja dan saling membantu kelemahanya (Dipohusodo, 1994).

Untuk membuat beton bukanlah hal yang sederhana, tidak hanya dengan mencampurkan bahan-bahan dasar pembentuk campuran beton,seperti yang biasa dilakukan pada pembangunan banguan yang sederhana. Untuk membuat beton dengan mutu dan kualitas yang baik sesuai persyaratan maka dibutuhkan perhitungan dengan teliti dan seksama untuk mendapat adukan beton yang baik.

Beton memiliki kelebihan dibanding dengan material lainnya, Adapun kelebihan dari material beton antara lain:

1. Memiliki nilai kuat tekan yang tinggi, memiliki ketahanan terhadap pengkaratan dan tahan terhadap kebakaran.
2. Harga beton yang relatif murah dibanding dengan material lain, karena bahan penyusun beton berasal dari lokal, kecuali semen *portland.*
3. Beton segar dapat diangkut ataupun dicetak dengan mudah ke bentuk dan ukuran yang diinginkan.
4. Nilai kuat tekan beton yang tinggi sangat cocok dikombinasikan dengan baja tulangan (memiliki nilai kuat tarik yang tinggi) yang dapat digunakan untuk struktur berat.
5. Beton segar dapat dipompakan dan disemprotkan ke permukaan beton lama yang retak ataupun dapat diisikan ke bagian dalam retakan beton dalam proses perbaikan struktur, dan memungkinkan untuk dituang di tempat yang posisinya cukup sulit.
6. Beton memiliki ketahanan terhadap aus dan tahan terhadap kebakaran sehingga dapat menekan biaya perawatan.

Adapun kelemahan atau kekurangan yang dimiliki oleh beton, kelemahan atau kekurangannya antara lain sebagai berikut:

1. Nilai kuat tarik beton yang rendah sehingga beton mudah retak atau rusak.
2. Beton sangat sulit untuk kedap terhadap air sehingga air dapat selalu masuk, air yang masuk membawa kandungan garam sehingga dapat merusak beton.
3. Beton keras dapat mengeras dan menyusut karena adanya faktor perubahan suhu.
4. Beton segar dapat susut pada saat pengeringan, dan mengembang jika pada kondisi basah.
5. Beton memiliki sifat getas, tetapi jika dikombinasikan dengan baja tulangan dapat menjadi bersifat daktail.
6. Konstruksi yang berbahan dasar beton mempunyai daya pantul terhadap suara yang cukup besar.

3.2 Semen *Portland* (PC)

Semen *portland* adalah serbuk halus yang digunakan sebagai bahan perekat antara agregat kasar dan agregat halus. Apabila serbuk halus tersebut dicampur dengan air dengan takaran tertentu maka dalam beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen yang dicampur air akan membentuk adukan yang biasa disebut dengan pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air maka akan menjadi suatu adukan yang disebut dengan mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen dan air masuk kedalam kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil masuk kedalam kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi.

Bahan-bahan dasar pembentuk semen terdiri dari kapur (CaO), tanah liat yang mengandung (SiO_2) *silica*, alumina ($A1_2O_3$), oksida besi (Fe_2O_3), magnesium (MgO), sulfur (SO_3) dan soda/potash (Na_2+K_2O). Presentase komposisi dari bahan-bahan dasar pembentuk semen dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi Bahan Utama Semen

Komposisi	Presentase (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO_2)	17-25
Alumina ($A1_20_3$)	3-8
Besi (Fe_2O_3)	0.5-6
Magnesia (MgO)	0.5-4
Sulfur (SO_3)	1-2
Potash (Na_2+K_2O)	0.5-1

Sumber: Tjokrodimuljo (1996)

Selain bahan dasar seperti yang ada pada Tabel 3.1 di atas, semen *portland* memliki 4 (empat) unsur utama dari bahan semen tersebut, antara lain sebagai berikut:

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau 3CaO SiO_2

Senyawa yang mengalami hidrasi dengan sangat cepat dan disertai dengan pelepasan sebagian besar panas, yang memiliki pengaruh besar pada proses pengerasan semen sebelum berumur 14 hari, memiliki sifat yang kurang tahan pada agresi kimiawi, dan megalami disintegrasi yang disebabkan oleh sulfat air tanah dan memungkinkan terjadinya retak-retak karena perubahan volume.

2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $2CaO\ SiO_2$

   Formasi senyawa yang terjadi secara perlahan dengan pelepasan lambat. Senyawa yang berpengaruh pada proses peningkatan kekuatan yang terjadi mulai dari umur 14 hari sampai dengan umur 28 hari dan seterusnya. Dengan adanya kadar C_2S yang banyak akan memiliki ketahanan terhadap agresi kimiawi yang relatif tinggi, proses pengerasan yang lambat, dan proses panas hidrasi yang rendah.

3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3CaO\ AI_2O_3$

   Senyawa ini dapat mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Apabila kaandungan unsur senyawa ini kurang dari 10% maka akan menyebabkan kekurang tahanan terhadap asam sulfat. Kuantitas senyawa yang terbentuk dalam suatu ikatan akan menentukan pengaruhnya pada kekuatan beton pada awal umur beton terutama pada dalam 14 hari.

4. Tetrakalsium Aluminoferit (C_4AF) atau $4CaO\ AI_2O_3\ FeO_2$

   Senyawa ini tidak terlalu penting karena memiliki pengaruh yang tidak begitu besar terhadap kekerasan dan kekuatan pada semen. Senyawa ini hanya berfungsi untuk penyempurnaan reaksi pada pembakaran pembentukan semen.

Senyawa Trikalsium Silikat dan Dikalsium Silikat biasanya jumlahnya berkisar 70-80% dari total kandungan berat semen sehingga merupakan senyawa yang paling dominan dalam memberikan sifat pada semen (Tjokrodimuljo, 2007).

Berdasarkan dari tujuan pemakainnya, semen *portland* dibagi kedalam 5 tipe, antara lain:

Tipe I : Semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.

Tipe II : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Tipe III : Semen *portland* yang dalam pengunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.

Tipe IV : Semen *portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.

Tipe V : Semen *portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Fungsi semen adalah bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen memiliki fungsi untuk melekatkan butiran agregat menjadi satu kesatuan yang kompak dan padat. Selain itu pasta semen berfungsi untuk mengisi rongga-rongga yang berada diantara butiran agregat. Meskipun volume semen hanya sekitar 10% dari volume beton, tetapi semen memiliki fungsi yang sangat vital, yaitu sebagai bahan perekat yang aktif dan memiliki nilai jual yang mahal dibanding bahan dasar penyusun beton yang lain, sehingga perlu diperhatikan dan dipelajari penggunaannya dengan baik

3.3 Air

Air merupakan bahan yang dibutuhkan untuk proses reaksi kimia pada semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga dibutuhkan sebagai pelumas antara butiran dalam agregat agar dapat memudahkan pekerjaan dan proses pemadatan. Dalam pembutan beton, air menjadi salah satu faktor yang sangat penting, air sebagai bahan yang dapat bereaksi dengan semen, yang dapat menjadi pasta dan mengikat agregat. Air juga berpengaruh pada kuat desak beton, karena jika jumlah air pada semen berlebihan dapat menyebabkan penurunan kekuatan pada beton. Selain itu, kelebihan air juga dapat menyebabkan beton menjadi *bleeding*, atau air bersama semen bergerak ke atas permukaan beton segar yang baru dituang. Hal tersebut dapat mengakibatkan kurangnya daya lekat antar lapis-lapis beton. Tetapi jumlah air yang terlalu sedikit juga dapat menyebabkan proses hidrasi yang terjadi tidak merata.

Air pada campuran semen menyebabkan proses hidrasi dengan semen, yaitu reaksi kimia antara semen dengan air yang dapat mengakibatkan campuran tersebut menjadi keras setelah melewati kurun waktu tertentu. Kebutuhan air yang

dibutuhkan untuk proses hidrasi sekitar 20% dari berat semen, tetapi karena faktor ekonomis jumlahnya biasanya dilebihkan dengan takaran yang sudah diperhitungkan. Proses hidrasi akan terjadi jika menggunakan air yang tawar serta murni. Air yang digunakan pada pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, zat organik dan bahan-bahan lainnya yang dapat merusak mutu dan kualitas dari beton.

Penggunan air pada campuran beton akan berpengaruh pada beberapa faktor sebagai berikut:

1. Sifat *workability* pada adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut pada beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga menghasilkan kekuatan dalam jangka waktu teretentu.
4. Perawatan keras pada beton yang berguna untuk menjamin proses pengerasan yang baik.

Penggunaan air pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan (Tjokrodimuljo, 2007) sebagai berikut:

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

3.4 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang memiliki fungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menempati sekitar 70% dari volume beton, sehingga pengaruhnya terhadap sifat ataupun kualitas beton cukup besar, oleh sebab itu pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting pada pembuatan beton (Wahyudi, 2014). Terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan agregat yang akan digunakan seperti faktor bentuk, dan ukuran butiran pada jenis batuan yang digunakan. Berdasarkan

butirannya, agregat dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu/kerikil).

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) agregat pada umumnya digolongkan menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:

1. Batu, untuk ukuran butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil, untuk butiran antara 5 mm sampai dengan 40 mm.
3. Pasir, untuk butiran antara 0.15 mm sampai dengan 5 mm.

Agregat yang digunakan harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, keras, kuat, dan gradasinya baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekerasan butiran pada agregat. Gradasi diperoleh setelah hasil pengayakan dengan ukuran saringan ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm untuk agregat kasar (batu/kerikil). Untuk gradasi ukuran agregat halus (pasir), ukuran saringannya yaitu dari 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm. Cara untuk membedakan jenis agregat yang paling mudah adalah dengan berdasarkan ukuran butirannya. Jika lebih besar dari 4.75 mm maka masuk kedalam jenis agregat kasar, sedangkan jika ukuran butiran kurang dari 4.75 mm maka masuk kedalam jenis agregat halus.

3.4.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan ayakan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau dapat berupa pasir buatan yang dihasilkan dari mesin pemecah batu *(stone crusher)* atau yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur yang lebih dari 5%, serta tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat merusak mutu beton. Pasir memiliki kegunaan sebagai pengisi pori-pori atau ruangan antara butiran agregat kasar dan memberikan kelecakan. Kualitas dari pasir sangat berpengaruh pada kualitas beton yang dihasilkan. Oleh sebab itu, sifat-sifat yang ada pada pasir harus diteliti terlebih dahulu sebelum digunakan dan harus memenuhi standar persyaratan-persyaratan yang sudah ditetapkan. Persyaratan mengenai batas-batas susunan butir pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Persyaratan Batas-batas Susunan Butir pada Agregat Halus

Ukuran lubang ayakan (mm)	Presentase berat bagian yang lewat ayakan (%)			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
9.6	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

(sumber: Tjokrodimuljo, 2007)

Keterangan:

-Daerah I = Pasir Kasar

-Daerah II = Pasir Agak Kasar

-Daerah III = Pasir Agak Halus

-Daerah IV = Pasir Halus

Persyaratan-persyaratan yang harus dimiliki agregat halus (pasir) menurut (PBI, 1971) Bab 3.3 dijelaskan sebagai berikut:

1. Terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras. Butiran-butirannya bersifat kekal, atau tidak pecah akibat pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan air hujan.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% (dari berat kering pasir), apabila kandungan lumpur lebih 5% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu.
3. Agregat halus bebas dari bahan-bahan yang mengandung organik terlalu banyak, yaitu dengan melakukan pembuktian percobaan warna dari Abram-Harder dengan bantuan larutan NaOH.
4. Agregat halus tersusun dari butiran-butiran yang beraneka ragam ukurannya, yang apabila disaring sesuai dengan susunan saringan yang terdapat pada pasal 3.5 ayat (1) dengan syarat:

a. Sisa di atas saringan 4 mm minimal 2% dari berat,
b. Sisa di atas saringan 1 mm minimal 10% dari berat, dan
c. Sisa di atas saringan 0.25 mm harus berkisar 80% sampai 90% dari berat.

5. Pasir laut tidak dapat digunakan sebagai agregat halus pada semua mutu beton, kecuali dengan adanya pedoman dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang sudah diakui.

3.4.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran yang lebih dari 5 mm, atau agregat yang butiran-butirannya dapat tertahan saringan 4,75 mm. Agregat kasar yang digunakan untuk bahan beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alami dari bebatuan atau juga dapat berupa batu pecah hasil dari pemecahan manual atau dengan mesin. Agregat kasar yang baik harus terdiri dari butiran-butiran kasar permukaan yang kasar dan kekal, serta bentuknya bersudut atau tidak pipih. Kebersihan pada agregat kasar juga harus diperhatikan, yaitu tidak mengandung lumpur lebih dari 1% dan juga tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Persyaratan-persyaratan mengenai batas susunan butiran agregat kasar dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 Persyaratan Batas-batas Susunan Butir pada Agregat Kasar

Ukuran lubang ayakan (mm)	Presentase berat bagian yang lewat ayakan(%)		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	Maksimum 40	Maksimum 20	Maksimum 10
38.1	95-100	100	-
19.0	37-70	95-100	100
9.5	10-40	30-60	50-85
4.8	0-5	0-10	0-10

(sumber: SNI 03-2834-2000)

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) agregat kasar yang dapat dipakai harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Agregat kasar (kerikil) harus merupakan butiran-butiran yang keras dan tidak berpori-pori.
2. Agregat kasar (keirkil) harus bersih dari unsur zat-zat organik.
3. Agregat kasar (kerikil) tidak mengandung lumpur yang lebih dari 1% dari berat kering.
4. Agregat kasar (kerikil) mempunyai bentuk yang tajam atau tidak pipih.

3.4.3 Pengujian Agregat Halus

Pengujian material agregat halus mencakup pengujian berat jenis dan penyerapan air, modulus halus butir, kandungan lumpur, dan berat volume. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

1. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

   Pengujian berat jenis agregat halus dilakukan agar didapatkannya angka penyerapan air dalam agregat halus, berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), dan berat jenis semu.

   a. Berat Jenis Curah

      Berat jenis curah adalah perbandingan berat antara agregat kering oven dengan air suling yang berisi bahan yang sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berikut persamaan berat jenis curah:

      $$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{B+Bj-Bt} \quad (3.1)$$

      Keterangan:

      Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)
      B = Berat Piknometer Berisi Air (gram)
      Bt = Berat Piknometer Berisi Benda Uji Dan Air (gram)
      Bj = Berat Benda Uji Kondisi Kering Permukaan Jenuh (gram)

   b. Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

      Berat jenis kering permukaan (SSD) adalah perbandingan berat antara agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan dengan air suling yang berisi bahan yang sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berikut persamaan berat jenis kering permukaan:

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{Bj}{B+Bj-Bt} \quad (3.2)$$

Keterangan:

B = Berat Piknometer Berisi Air (gram)

Bt = Berat Piknometer Berisi Benda Uji Dan Air (gram)

Bj = Berat Benda Uji Kondisi Kering Permukaan Jenuh (gram)

c. Berat Jenis Semu

Berat jenis semu adalah perbandingan berat antara agregat kering dan air suling yang berisi bahan yang sama dengan agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu. Berikut persamaan berat jenis semu:

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

B = Berat Piknometer Berisi Air (gram)

Bt = Berat Piknometer Berisi Benda dan Air (gram)

d. Penyerapan Air

Penyerapan air adalah perbandingan antara berat air yang dapat diserap oleh pori terhadap berat agregat kering. Berikut persamaan penyerapan air:

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{Bj-Bk}{Bk} \; x \; 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan:

Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

Bj = Berat Benda Uji Kondisi Kering Permukaan Jenuh (gram)

2. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Pengujian modulus halus butir atau analisa saringan agregat halus memiliki tujuan agar didapatkannya klasifikasi agregat halus berdasarkan butirannya. Berikut persamaan modulus halus butir:

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\sum Berat\ Tertinggal\ Kumulatif\ (\%)}{100} \quad (3.5)$$

3. Pengujian Kandungan Lumpur (Lolos Ayakan #200)

Pengujian kandungan lumpur memiliki tujuan agar didapatkannya presentase kandungan lumpur dalam pasir. Pengujian menggunakan agregat halus yang lolos dalam tahap penyaringan No.200 (0,075 mm). Berikut persamaan kandungan lumpur:

$$\text{Kandungan Lumpur} = = \frac{W1-W2}{W1} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan:

W1 = Berat Benda Uji Kering Sebelum dicuci (gram)

W2 = Berat Benda Uji Setelah Dicuci (gram)

4. Pengujian Berat Volume Agregat Halus

Pengujian berat volume agregat halus memiliki tujuan agar didapatkannya klasifikasi agregat halus berdasarkan berat volume. Berat volume adalah nilai indek yang berasal dari massa agregat per satuan volume dalam kondisi padat ataupun gembur. Berikut persamaan berat volume agregat halus:

$$\text{Berat Volume} = \frac{W}{V} \quad (3.7)$$

Keterangan:

W = Berat Agregat (gram)

V = Volume Tabung (cm^3)

3.4.4 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian material agregat kasar mencakup pengujian berat jenis dan penyerapan air, modulus halus butir dan berat volume. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

1. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan agar didapatkannya angka penyerapan air dalam agregat kasar, berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), dan berat jenis semu.

a. Berat Jenis Curah

Berat jenis curah adalah perbandingan berat antara agregat kering oven

dengan air suling yang berisi bahan yang sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berikut persamaan berat jenis curah:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{Bj-Ba} \quad (3.8)$$

Keterangan:

Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

Bj = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (gram)

Ba = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Di dalam Air (gram)

b. Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

Berat jenis kering permukaan (SSD) adalah perbandingan berat antara agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan dengan air suling yang berisi bahan yang sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berikut persamaan berat jenis kering permukaan:

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{Bj}{Bj-Ba} \quad (3.9)$$

Keterangan:

Bj = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (gram)

Ba = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Di dalam Air (gram)

c. Berat Jenis Semu

Berat jenis semu adalah perbandingan berat antara agregat kering dan air suling yang berisi bahan yang sama dengan agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu. Berikut persamaan berat jenis semu:

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{Bk-Ba} \quad (3.10)$$

Keterangan:

Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

Ba = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Didalam Air (gram)

d. Penyerapan Air

Penyerapan air adalah perbandingan antara berat air yang dapat diserap oleh pori terhadap berat agregat kering. Berikut persamaan penyerapan air:

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{Bj-Bk}{Bk}\ x\ 100\% \quad (3.11)$$

Keterangan:

Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

Bj = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (gram)

2. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar

Pengujian modulus halus butir atau analisa saringan agregat kasar memiliki tujuan agar didapatkannya klasifikasi agregat kasar berdasarkan butirannya. Berikut persamaan modulus halus butir:

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\sum Berat\ Tertinggal\ Kumulatif\ (\%)}{100} \quad (3.12)$$

3. Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

Pengujian berat volume agregat kasar memiliki tujuan agar didapatkannya klasifikasi agregat kasar berdasarkan berat volume. Berat volume adalah nilai indek yang berasal dari massa agregat per satuan volume dalam kondisi padat ataupun gembur. Berikut persamaan berat volume agregat kasar:

$$\text{Berat Volume} = \frac{W}{V} \quad (3.13)$$

Keterangan:

W = Berat Agregat (gram)

V = Volume Tabung (cm^3)

3.5 Beton Serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terediri dari beton normal biasa dengan penambahan bahan tambahan berupa serat. Serat pada umumnya berbentuk batang dengan diameter 5 sampai 500 μm (mikrometer) dengan panjang 25 sampai 100 mm. bahan-bahan berupa serat diantaranya serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, kelapa, ijuk), serat plastik

(*polypropylene)*, atau potongan serat kawat baja. Dengan penambahan serat menyebabkan berkurangnya sifat kemudahan dikerjakan *(workability)* dan mempersulit terjadinya segregasi pada agregat. Penambahan serat pada beton untuk mencegah terjadinya retak-retak, yang menjadikan beton dengan penambahan serat lebih daktail dibanding dengan beton normal biasa (Tjokrodimuljo, 2007).

3.5.1 Serabut Kelapa

Salah satu tanaman yang umum ditemukan pada daerah tropis adalah buah kelapa. Presentase terbesar dari komponen buah kelapa adalah serabut yaitu sebanyak 35%, sementara komponen lainnya yaitu tempurung sebesar 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Serabut kelapa sebagai bagian terluar dari buah kelapa yang berjenis serat, di mana 78% bagiannya adalah dinding sel dan sisanya merupakan rongga memiliki ketebalan ± 5 cm (Suhardiyono, 1999). Terdapat banyak cara untuk mendapatkan serat dari serabut kelapa, salah satunya yaitu dengan melakukan ekstrasi dengan mesin. Proses ekstraksi tersebut dapat menghasilkan 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Serabut kelapa yang memiliki panjang 15-30 cm tersebut memiliki sifat yang sangat menguntungkan, seperti tahan serangan mikroorganisme serta pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari jenis serat lainnya.

Serabut kelapa merupakan serat yang mampu menyerap air sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran pada beton segar, dan serat kelapa juga dikenal memiliki kuat tarik yang baik, (Mulyono, 2005). Menurut Soroushian dan Bayasi (1987) dan Tjokrodimuljo (1996), pada adukan beton, gelas/kaca dapat dijadikan sebagai material serat. Hal ini disebabkan baik kaca ataupun sabut kelapa saat dilebur performanya tidak memiliki perbedaan yang jauh, keduanya memiliki bentuk serpihan yang keras. Hal inilah yang menyebabkan karakteristik diperkirakan sama. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa serabut kelapa dapat dijadikan material serat karena memiliki pengaruh yang mirip dengan kaca. Adapun beberapa faktor yang menyebabkan serabut kelapa lebih baik dari kaca, yaitu:

1. Kekuatan dan keuletan serabut kelapa lebih tinggi daripada kaca. Kekuatan dan

keuletan yang tinggi biasanya menimbulkan modulus elastisitas tinggi, hal ini akan menghasilkan beton dengan modulus elastisitas tinggi.

2. Tekstur permukaan serabut kelapa lebih kasar daripada kaca, hal ini menyebabkan ikatan serabut kelapa dengan pasta semen lebih kuat untuk dapat mengisi rongga pada beton.

Di negara-negara lain, penggunaan serat sebagai bahan penguat serta peningkatan sifat deformasi beton sudah menjadi hal umum. Beton yang diperkuat dengan serat maka akan mengalihkan beban deformasi kepada serat. Peranan serat juga dapat dijadikan sebagai penahan retakan yang menjalar, serat berperan untuk menjebak setiap ujung retakan agar retakan tersebut lambat melintasi matrik, sehingga regangan retakan ultimit komposit meningkat secara drastis jika dibandingkan dengan beton tanpa serat. Serat dengan mutu yang baik dapat dilihat berdasarkan presentase kotoran, kadar air, warna, dan proporsi berat antar serat panjang dan serat pendek. Serabut kelapa dengan mutu tinggi memiliki warna yang cerah cemerlang dan presentase berat kotoran tidak melebihi 2% serta tidak mengandung lumpur. Komposisi kandungan sabut kelapa tersaji pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Komposisi Serabut Kelapa

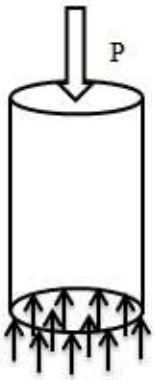
Parameter	**Kadar (%)**
Selulosa	26,6
Hemiselulosa	27,7
Lignin	29,4
Air	8
Komponen Ekstraktif	4,2
Uronat Anhidrat	3,5
Nitrogen	0,1
Abu	0,5

(Suhardiyono, 1988)

3.6 Pengujian Beton

3.6.1 Uji Tekan

Dasar pengukuran mutu beton yang menjadi tolak ukur penggunaan beton dapat diketahui dengan pengukuran kuat tekan beton, sehingga kuat tekan beton menjadi informasi terpenting dalam kualitas beton. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang mengakibatkan benda uji menjadi rusak atau hancur bila diberi gaya tekan dengan besaran tertentu oleh alat uji mesin tekan. Kuat tekan beton sangat berhubungan dengan sifat-sifat lainnya, artinya jika nilai kuat tekan beton sudah tinggi, maka sifat-sifat yang lain juga mengikuti lebih baik juga. Alat uji yang untuk pengujian kuat tekan beton beton adalah *Compression Testing Machine* (CTM).



Gambar 3.1 Uji Tekan
(Sumber: Pardomuan Pane et al, 2015)

Kuat tekan beton ini dapat diketahui dari pengaturan perbandingan agregat kasar dan halus, perbandingan semen, campuran lainnya, dan air. Nilai kuat tekan beton dapat mencapai 1000 kg/cm^2 atau bahkan lebih, tergantung dari jenis campuran, sifat-sifat agregat, dan kualitas dari perawatan beton. Nilai kuat tekan beton yang umum digunakan biasanya berkisar 200 kg/cm^2 sampai 500 kg/cm^2. Berdasarkan SNI 03-1974-1990, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{3.14}$$

Keterangan:

$f'c$ = Kuat Tekan (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang Benda Uji (mm^2)

3.6.2 Uji Lentur

Pengujian lentur beton bertujuan untuk mengetahui kemampuan yang dimiliki oleh beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan benda uji dengan arah yang tegak lurus sumbu hingga benda uji mengalami patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) yaitu gaya setiap satuan luas (SNI 03-4431-1997). Balok yang telah diberi beban akan mengalami perubahan bentuk atau berdeformasi hingga mengakibatkan momen lentur. Momen lentur akan mengakibatkan perlawanan yang terjadi pada material terhadap beban luar dan akan menunjukkan tegangan yang terjadi saat balok mengalami deformasi sehingga tidak dapat melalui tegangan lentur dari bahan yang berasl dari beton.

Untuk kuat lentur nilai angka yang dicatat pada saat pengujian adalah nilai beban P pada saat sampel benda uji hancur. Adapaun rumus yang dapat digunakan untuk mendapat nilai tegangan hancur (pada benda uji beton) dengan rumus berikut:

1. Sistem Pembebanan 1 Titik
   a. Patah ditengah benda uji.

$$flt = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (3.15)$$

   b. Tidak patah ditengah dan jarak antara titik patah beban <10%

$$flt = \frac{3 \times P \times c}{b \times h^2} \quad (3.16)$$

2. Sistem Pembebanan 2 Titik
   a. Patah di daerah pusat (1/3 jarak titik perletakan)

$$flt = \frac{P \times L}{b \times h^2} \quad (3.17)$$

   b. Patah di luar daerah pusat (diluar 1/3 jarak titik perletakan) dan jarak antara titik patah dan titik pusat beban <5% dari jarak perletakan.

$$flt = \frac{3 \times P \times c}{b \times h^2} \quad (3.18)$$

c. Jika jarak pada poin b, >5% dari jarak titik perletakan maka hasil uji tidak digunakan.

Keterangan:

flt = Kuat lentur (MPa)

P = Beban maksimum yang diberikan ke benda uji (N)

L = Panjang antar tumpuan benda uji (mm)

b = Lebar tampang lintang patah (mm)

h = Tinggi tampang lintang patah (mm)

c = Jarak rata-rata antara lintang patah dan tumpuan terdekat.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan langkah-langkah yang bersifat umum atau metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam penelitian atau yang lain secara ilmiah untuk memperoleh hasil yang rasional. Pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Objek pengamatan yang utama pada penelitian ini adalah perbandingan beton normal dan beton variasi dengan bahan tambah serat serabut kelapa sebagai material serat dengan variasi panjang serat 2 cm, 3 cm, dan 4 cm dengan masing-masing presentase 0%, 0,2%, dan 0,3% dari berat beton normal. Kemudian Benda uji tersebut dilakukan pengujian beton seperti kuat tekan dan kuat lentur pada umur beton 28 hari. Selanjutnya dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat mengetahui pengaruh dari penggunaan bahan tambah serabut kelapa dalam campuran beton terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

4.2 Bahan-Bahan

Bahan–bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Semen *Portland Composite*

   Semen merupakan bahan pengikat beton yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland composite* merk Dynamix.



Gambar 4.1 Semen *Portland Composite*

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari sungai progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Selanjutnya dilakukan pengujian agregat halus untuk memperoleh modulus halus butir dan berat volume dalam kondisi kering permukaannya (SSD).



Gambar 4.2 Agregat Halus

3. Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan memiliki diameter maksimal 20 mm dan berasal dari clereng, Daerah Istimewa Yogyakarta. Agregat kasar sebelum digunakan dicuci terlebih dahulu, kemudian dipisahkan menggunakan ayakan. Sebelum digunakan dilakukan penelitian untuk mengetahui berat jenis dan berat volume dalam keadaan SSD.



Gambar 4.3 Agregat Kasar

4. Air

Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Air sangat diperlukan untuk membuat campuran beton, pencucian agregat kasar dan halus, dan perawatan benda uji beton. Air yang digunakan adalah air bersih, jernih, tidak berbau, dan tidak berwarna.



Gambar 4.4 Air

5. Serabut Kelapa

Serabut kelapa yang dipakai berasal dari perajin *cococrative* yang berasal dari Cilacap, Jawa Tengah. Serabut kelapa yang dipakai adalah serabut kelapa dengan panjang 2 cm, 3 cm, dan 4 cm sesuai dengan rencana penelitian.



Gambar 4.5 Serabut Kelapa

4.3 Peralatan

Alat-alat yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Saringan agregat

   Ayakan agregat yang dipakai bertujuan untuk memisahkan agregat-agregat sesuai dengan ukurannya, seperti pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Saringan Agregat

2. Mesin Pengaduk (*Mixer*)

   Mesin pengaduk digunakan untuk membantu proses pengadukan beton agar dapat tercampur dengan baik. Seperti pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Mesin Pengaduk *(Mixer)*

3. Cetakan

Cetakan yang dipakai adalah cetakan yang berbentuk silinder dan balok, cetakan silinder digunakan untuk mencetak benda uji pada pengujian kuat tekan, sedangkan cetakan balok digunakan untuk mencetak benda uji pada pengujian kuat lentur, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9 berikut.



Gambar 4.8 Cetakan Silinder



Gambar 4.9 Cetakan Balok

4. Ember

Ember digunakan untuk menampung material seperti agregat kasar, agragat halus, semen, serabut kelapa dan air. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Ember

5. Kereta Sorong

Kereta sorong dipakai untuk mempermudah pekerjaan seperti pada saat pemindahan material atau pemindahan benda uji, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Kereta Sorong

6. Kerucut Abrams

Kerucut abrams dipakai pada saat campuran beton akan diuji slump, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Kerucut Abrams

7. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat dari material atau sampel uji dan sebagainya. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Timbangan

8. Piknometer

Piknometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur massa jenis agregat halus, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Piknometer

9. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk digunakan untuk meratakan campuran beton yang ada di dalam cetakan atau di dalam kerucut abrams. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Tongkat Penumbuk

10. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan bahan material seperti agregat halus dan agregat kasar. Oven biasanya digunakan pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16 Oven

11. Mesin Penggetar Saringan

Mesin penggetar saringan digunakan untuk menggetarkan set saringan agar material dapat terpisahkan sesuai dengan ukuran dari saringan/ayakan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4.17 Mesin Penggetar Saringan

12. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan, panjang, dan diameter dari sampel benda uji yang digunakan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.



Gambar 4.18 Jangka Sorong

13. Mesin Uji Tekan CTM (*Compression Testing Machine*)

Mesin tekan CTM *(Compression Testing Machine*) digunakan untuk mengetahui kekuatan beton pada saat pengujian kuat tekan. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 Mesin Tekan CTM (*Compression Testing Machine*)

14. Mesin Uji Lentur UTM (*Universal Testing Machine*)

Mesin uji lentur UTM *(Universal Testing Machine*) digunakan untuk mengetahui kekuatan beton pada saat pengujian kuat lentur. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.20 Mesin Uji Lentur UTM (*Universal Testing Machine*)

15. Sendok Semen

Sendok semen digunakan untuk meratakan atau memindahkan campuran beton pada cetakan silinder. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut.



Gambar 4.21 Sendok Semen

4.4 Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian ini mulai dari persiapan bahan, pengujian bahan, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji seperti pengujian kuat tekan dan kuat lentur, semua dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.5 Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berupa beton serat dengan penambahan material serat organik yaitu serabut kelapa. Benda uji yang digunakan untuk pengujian tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Kemudian benda uji untuk pengujian lentur yang berbentuk balok dengan dimensi (60×15×15 cm). Berikut pada Tabel 4.1 adalah jumlah benda uji dengan berbagai macam variasinya.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji dengan Berbagai Variasi.

No	Kode Benda Uji	Panjanng Serabut Kelapa (cm)	Komposisi Serabut Kelapa (%)	Jumlah Sampel Silinder (Buah)	Jumlah Sampel Balok (Buah)
1.	BN	-	-	3	3
2.	BV_2-0,2	2	0,2	3	3
	BV_2-0,3		0,3	3	3
3.	BV_3-0,2	3	0,2	3	3
	BV_3-0,3		0,3	3	3
4.	BV_4-0,2	4	0,2	3	3
	BV_4-0,3		0,3	3	3
Jumlah Sampel Total				21	21

4.6 Proses Pelaksanaan Penelitiaan

4.6.1 Proses Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

Ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan pada proses persiapan dan pemeriksaan bahan yaitu sebagai berikut:

1. Proses Persiapan

   Mempersipakan semua peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian, seperti persiapan bahan-bahan (semen, agregat kasar, agregat halus, serat serabut kelapa, dan air).

2. Proses Pemeriksaan Bahan

   Dalam pemeriksaan bahan-bahan pada penelitian ini terdapat beberapa

pengujian, Adapun pengujiannya yaitu sebagai berikut:

a. Berat Jenis Agregat Halus

Tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam pengujian berat jenis agreagat halus antara lain sebagai berikut.

1) Menyiapkan benda uji berupa pasir yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) sebanyak 500 gram.
2) Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu (110±5)°C sampai berat benda uji tetap. Maksud berat benda uji tetap adalah ketika selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak mengalami perubahan kadar air lebih dari 0,1%. Kemudian benda uji didinginkan pada suhu ruang dan direndam di air selama (24±4) jam.
3) Air bekas perendaman dibuang dengan hati-hati, jangan sampai ada butiran yang ikut terbuang, agregat diletakkan di atas talam, kemudian dikeringkan di udara panas dengan sesekali dibolak-balikkan benda ujinya sampai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
4) Keadaan kering permukaan jenuh diperiksa dengan mengisikan benda uji pada kerucut terpancung, kemudian dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali dan diratakan permukaannya. Kondisi kering permukaan jenuh tercapai jika kerucut terpancung diangkat, benda uji akan runtuh dan dalam keadaan tercetak.
5) Jika sudah dalam keadaan SSD, benda uji dimasukkan sebanyak 500 gram ke dalam piknometer, kemudian air suling dimasukkan, kemudian diguncang-guncang sampai tidak terlihat gelembung-gelembung udara di dalamnya.
6) Rendam piknometer di dalam air dan diukur suhu airnya untuk menyesuaikan perhitungan terahadap suhu standar 25°C.
7) Tambahkan air sampai mencapai tanda batasnya.
8) Timbang piknometer yang sudah berisi benda uji dan air sampai ketelitian 0,1 (Bt).
9) Keluarkan benda uji dari piknometer, kemudian dikeringkan di dalam

oven dengan suhu (110±5)°C sampai berat tetap, lalu didinginkan benda uji dalam desikator.

10) Setelah benda uji sudah dingin, lalu di timbang (Bk)
11) Timbang berat piknometer penuh yang berisi air (B), kemudian diukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25°C.

b. Modulus Halus Butir Agregat Halus

Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam pengujian modulus halus butir agregat halus adalah sebagai berikut:

1) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu (110±5)°C hingga beratnya tetap.
2) Benda uji dikeluarkan, lalu didiginkan pada suhu kamar selama kurang lebih 1 jam.
3) Setelah kering, timbang benda uji sebanyak 2000 gram.
4) Saringan disusun sesuai ukurannya mulai dari atas ke bawah kemudian benda uji dimasukkan dan langsung di saring dengan bantuan mesin penggoyang selama 10-15 menit.
5) Benda uji dikeluarkan dari masing-masing saringan kemudian di pindahkan ke masing-masing talam lalu ditimbang dan dicatat berat benda uji yang tertahan di setiap saringan. Untuk membersihkan saringan, digunakan sikat jika lubangnya besar dan menggunakan kuas jika lubangnya kecil atau halus.

c. Kandungan Lumpur (Lolos saringan #200)

Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam pengujian kadar lumpur antara lain sebagai berikut.

1) Benda uji yang dipakai dalam keadaan kering oven.
2) Benda uji diletakkan dalam saringan dan dialiri air di atasnya
3) Benda uji yang ada di dalam saringan digerakkan dengan aliran air yang cukup deras, hingga bagian yang halus menembus sarungan no. 200 dan bagian yang kasar tertinggal.
4) Pekerjaan tersebut diulangi hingga air pencucian bersih.

5) Benda uji yang di dalam oven dikeringkan pada suhu (110±5)°C sampai berat tetap dan kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram.

d. Berat Jenis Agregat Kasar

Adapun langkah-langkah dalam pengujian berat jenis agregat kasar antara lain sebagai berikut.

1) Benda uji disiapkan baik agregat yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm) sebanyak 5000 gram.
2) Benda uji dicuci untuk menghilangkan debu ataupun bahan-bahan lain yang melekat dipermukaan.
3) Benda uji dikeringkan di dalam oven di suhu (110±5)°C sampai berat tetap.
4) Benda uji dikeluarkan, kemudian didinginkan pada suhu kamar selama kurang lebih 1 jam. Selanjutnya di timbang dengan ketelitain 0,1 gram.
5) Benda uji direndam di air pada suhu kamar selama (24±4) jam.
6) Benda uji dikeluarkan dari dalam air, dilap dengan kain yang menyerap hingga selaput air pada permukaan benda uji hilang, jika butirannya besar harus satu persatu.
7) Jika benda uji sudah dalam kondisi SSD, selanjutnya benda uji di timbang kering permukaan jenuh (Bj).
8) Benda uji diletakkan dalam keranjang air, kemudian digoncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang ada di dalamnya dan ditentukan beratnya didalam air (Ba), kemudian diukur suhu airnya untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar 25 °C.
9) Benda uji dimasukkan kedalam talam untuk selanjutnya dimasukkan kedalam oven. Kemudian benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu (110±5)°C selama (24±4) jam, selanjutnya ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram (Bk).

e. Modulus Halus Butir Agregat Kasar

Adapun langkah-langkah dalam pengujian modulus halus butir agregat kasar antara lain sebagai berikut.

1) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu (110±5)°C sampai berat tetap.
2) Benda uji dikeluarkan, kemudian didinginkan pada suhu kamar selama kurang lebih 1 jam.
3) Keluarkan benda uji dari oven jika sudah kering, kemudian timbang benda uji sebanyak 5000 gram.
4) Saringan disusun sesuai ukurannya mulai dari atas ke bawah kemudian benda uji dimasukkan dan langsung di saring dengan bantuan mesin penggoyang selama 10-15 menit.
5) Benda uji dikeluarkan dari masing-masing saringan kemudian di pindahkan ke masing-masing talam lalu ditimbang dan dicatat berat benda uji yang tertahan disetiap saringan. Untuk membersihkan saringan, digunakan sikat jika lubangnya besar dan digunakan kuas jika lubangnya kecil atau halus.

f. Berat Volume Agregat Halus dan Agregat Kasar

Adapun langkah-langkah dalam pengujian berat volume agregat halus dan agregat kasar antara lain sebagai berikut.

1) Benda uji yang digunakan sudah dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD).
2) Silinder ukur diletakkan di tempat yang datar, untuk pengujian berat volume gembur, masukkan benda uji ke dalam cetakan silinder sampai terisi penuh tanpa dipadatkan. Sedangkan untuk pengujian berat volujme padat, masukkan benda uji kedalam cetakan silinder per 1/3 bagian kemudian ditumbuk sebanyak 25 kali sampai volume silinder terisi penuh.
3) Silinder yang berisi benda uji (agregat kasar/agregat halus) ditimbang kemudian hasilnya dari beratnya dicatat.
4) Hitung volume dari cetakan silinder.

4.6.2 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton (*mix design*) berdasarkan SNI 2834-2000. Pembuatan benda uji dilakukan setelah menghitung rencana

komposisi campuran selesai, serta menggunakan alat dan bahan dalam kondisi terbaik. Adapun urutan dalam menghitung campuran beton antara lain sebagai berikut.

1. Menentukan nilai deviasi standar (ds)

   Nilai deviasi standar diterapkan berdasarkan tingkatan mutu pengendalian pada pelaksanaan pencampuran beton segar. Semakin baik dari mutu pelaksanaannya semakin kecil pula nilai deviasi standarnya. Perlu adanya koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan faktor pengali jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 buah. Seperti yang terdapat pada Tabel 4.2 dan 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi
<15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥30	1,00

Sumber: SNI-03-2834-2000

Tabel 4.3 Nilai Deviasi Standar Pada Tingkatan Pengendalian Mutu

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

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2000)

   Jika jumlah data hasil pengujian <15, maka nilai tambah (M) dipakai tidak kurang dari 12 MPa.

2. Menghitung nilai tambah untuk kuat tekan rencana (M)

$$M = 1{,}64 \times sd \times k \quad (4.1)$$

Keterangan:

M = Nilai tambah

1,64 =Tetapan stastistik yang nilainya bergantung pada besarnya presentase kegagalan maksimum 5%

k = Faktor pengali deviasi standar, yang didapat dari Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Faktor Pengali (k) Deviasi Standar

Jumlah Data	≥30	25	20	15	≤15
Faktor Pengali	1,00	1,03	1,08	1,15	-

Apabila benda uji kurang dari 15 buah, maka nilai tambah (M) yang dipakai tidak kurang dari 12 MPa.

3. Menghitung nilai kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan *(f"cr)*.

   Untuk menghitung nilai kuat tekan beton yang direncanakan ditentukan sesuai dengan ketentuan dan persyaratan pada rencana struktur dan sesauai dengan kondisi lokasi setempat. Nilai kuat tekan beton yang direncanakan adalah nilai kuat tekan beton dengan perkiraan yang lebih rendah dari nilai yang didapat sebesar 5%. Selanjutnya untuk menentukan nilai kuat tekan rata-rata yang direncanakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

   $$f'cr = f'c + M \quad (4.2)$$

   Keterangan:

   f'cr = Nilai kuat tekan rata-rata yang direncanakan (MPa)

   f'c = Nilai kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

   M = Nilai tambah, margin (MPa)

4. Menetapkan jenis semen dan agregat yang akan dipakai.

5. Menetapkan nilai faktor air semen (FAS)

   Untuk menetapakan nilai faktor air semen yang berdasarkan pada kuat tekan rata-rata sesuai umur rencana yang diinginkan dari jenis semen yang digunakan.

Tabel 4.5 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Dari Berbagai Macam Pembetonan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum Per m^3 Beton (Kg)	Nilai Fas Maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan		
a. Keadaan Keliling non-koresif	275	0,60
b. Keadaan keliling koresif disebabkan oleh kondensasi arau uap koresif	325	0,52
Beton di luar runangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami kondisi basah dan kering secara bergantian.	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel a
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel b

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Keterangan:

Tabel a = untuk ketentuan beton yang berhubungan dengan air tanah yang terkandung sulfat dan alkali dapat dilihat pada SNI 03-2834-2000.

Tabel b = untuk ketentuan minimum beton bertulang kedap air dapat dilihat pada SNI 03-2834-2000.

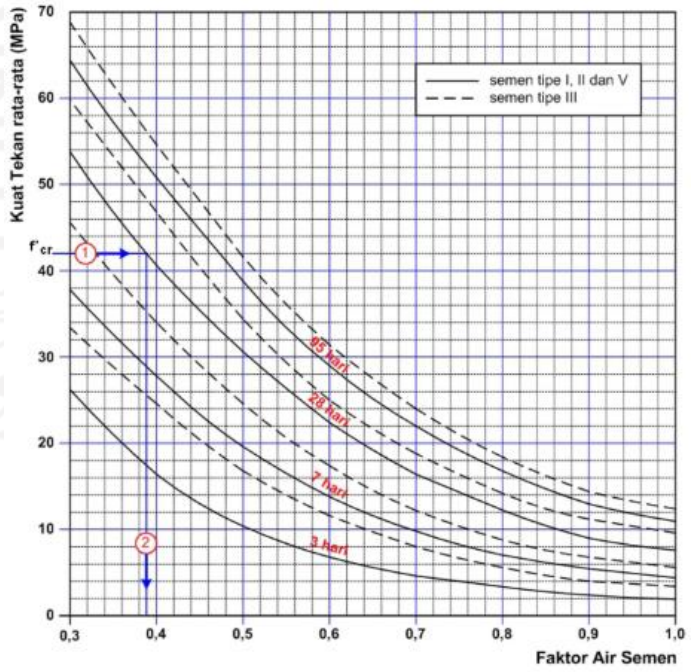
Untuk menentukan nilai kuat tekan 28 hari dengan kesesuaian pada semen dan agregat yang digunakan seperti pada tebel 4.6 yang menampilkan perkiraan nilai kuat tekan beton dengan nilai FAS sebesar 0,5.

Tabel 4.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				
		Pada Umur (Hari)				Benda Uji
		3	7	28	95	
Semen Portland tipe I atau Semen Tahan Sulfat II, V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Dengan bantuan Gambar 4.22 berikut ini dapat ditentukan nilai faktor air semen (FAS) berdasarkan nilai kuat tekan beton.



Gambar 4.22 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen (FAS)

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

6. Menetapkan nilai slump

   Nilai slump adalah nilai yang digunakan untuk mengetahui kekentalan dari suatu adonan beton segar. Tingkatan kekentalan sangat berhubungan erat dengan tingkat kemudahan dalam pekerjaan (*workability*). Semakin tinggi nilai slump menandakan adukan beton tersebut semakin cair, sehingga lebih mudah untuk dikerjakan.

7. Menetapkan ukuran maksimum dari agregat yang digunakan.

8. Menetapkan kadaar air bebas (Ks)

   Kadar air bebas suatu agregat campuran yang meliputi agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan dapat dihitung dengan persamaan:

   Kadar air bebas = $\frac{2}{3} \times Wh + \frac{1}{3} \times Wk$ (4.3)

   Keterangan:

   Wh = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

   Wk = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

   Untuk mendapatkan nilai *Wh* dan *Wk* dapat diketahui dari tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7 Perkiraan Kadar Air Bebas

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

   a. Jumlah kadar air pakai per m^3 beton

      1) Menggunakan tabel 4.5 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen (FAS) maksimum dari berbagai macam

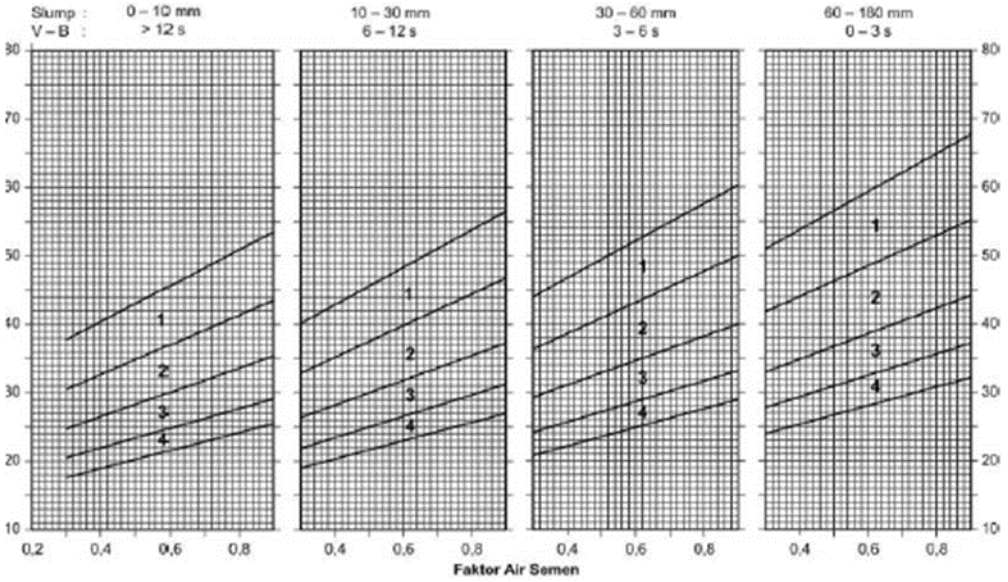
pembetonan khusus.

2) Menggunakan persamaan rumus berikut:

Jumlah semen minimum per m^3 beton = $\frac{Kadar\ air}{Faktor\ Air\ Semen}$ (4.4)

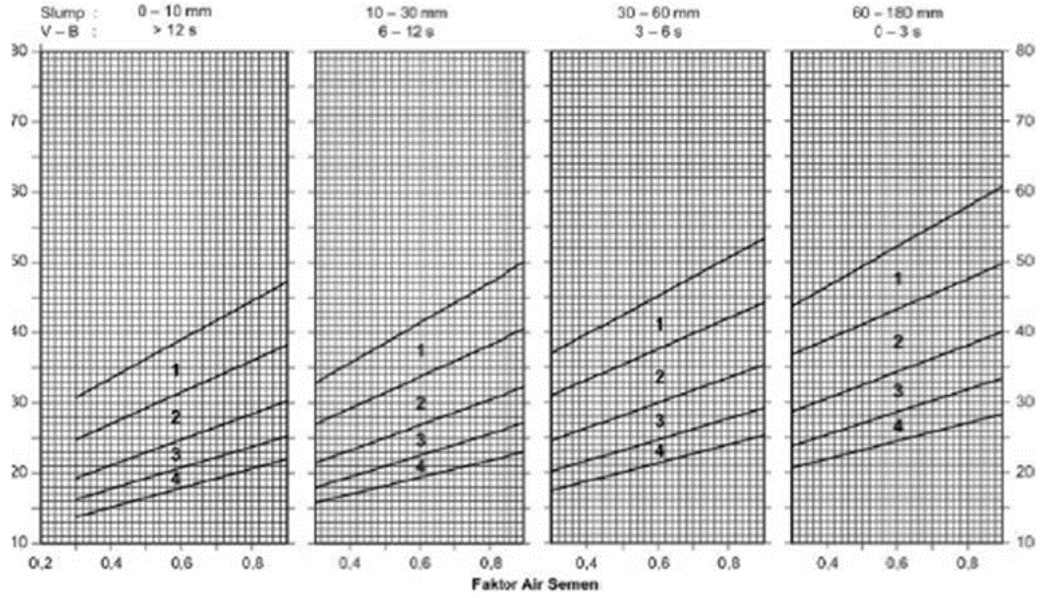
Dari kedua cara tersebut dipilih jumlah semen yang minimum per m^3 beton.

b. Menetapkan presentase agregat kasar dan agregat halus dengan bantuan grafik berikut:



Gambar 4.23 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Disarankan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



Gambar 4.24 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Disarankan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Cara mengoperasikan grafik di atas adalah sebagai berikut:

a. Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 di atas dapat ditentukan grafik yang akan digunakan berdasarkan pada ukuran maksimum dari agreagat dan nilai slump yang sudah direncanakan.
b. Tarik garis arah vertikal ke atas sampai kurva teratas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
c. Tarik garis arah horizontal ke kanan, baik dari kurva batas atas ataupun kurva batas bawah yang berada didaerah gradasi kemudian catat hasil nilainya.
d. Ambil nilai rata-rata dari kedua nilai tersebut.

presentase agregat kasar = 100% − Presentase agregat halus (4.5)

9. Menghitung berat jenis relatif agregat

Untuk menghitung berat relatif agregat diambil dari data hasil pengamatan di laboratorium. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung berat jenis agregat.

$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK})$ (4.6)

Keterangan:

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan

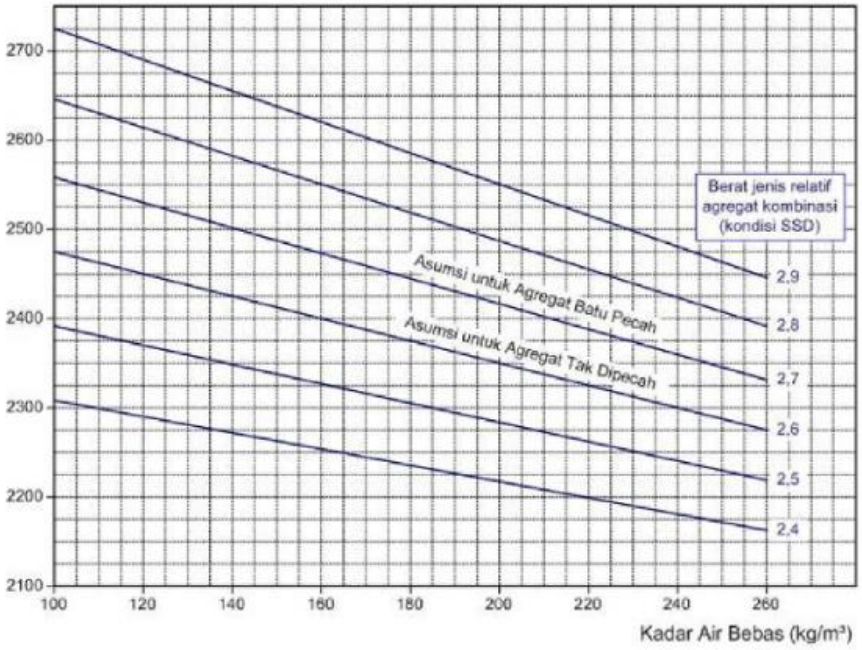
BJ_{AH} = Berat jenis agreagt halus

BJ_{AK} = Berat jenis agreagt kasar

%AH = Presentase agreagat halus (%)

%AK = Presentase agreagaat kasar (%)

10. Menetapkan nilai berat isi beton berdasarkan Gambar 4.4 berikut



Gambar 4.25 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah Yang Sudah Padat

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Cara mengoperasikan grafik di atas adalah sebagai berikut:

a. Tarik garis sesuai dengan berat jenis agregat gabungan sejajar dengan garis linier yang ada pada grafik.
b. Tarik garis arah vertikal ke atas hingga memotong garis yang sudah dibuat sebelumnya sesuai nilai kadar air bebasnya, lalu tarik garis arah horizontal ke kiri pada perpotongan kedua garis di atas, kemudian catat hasilnya nilainya.

11. Menghitung nilai kadar agregat *(Kag)* dengan rumus:

$$Kag = Wbeton - Ks - Ka \quad (4.7)$$

Keterangan:

Kag = Kadar agregat gabungan

Wbeton = Berat isi beton

Ks = Kadar semen

Ka = Kadar air

12. Menghitung nilai kadar agregat halus (*Kah)* dengan rumus:

$$\text{Kah} = \frac{\%agregat\ halus}{100} \times \text{kadar agregat gabungan } (Kag) \quad (4.8)$$

Keterangan:

Kah = Kadar agregat halus

%AH = Presentase agregat halus

Kag = Kadar agregat gabungan

13. Menghitung kadar agregat kasar (Kak) dengan rumus:

$$\text{Kak} = Kag - Kah \quad (4.9)$$

Keterangan:

Kak = Kadar agregat kasar

Kag = Kadar agregat gabungan

Kah = Kadar agregat halus

14. Menghitung angka penyusutan sekitar 10% - 20%
15. Menghitung berat setiap bahan-bahan dalam setiap variasi campuran.
16. Merekapitulasi data hasil penelitian dari desain campuran beton *(mix design*)

4.6.3 Proses Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Adapun langkah-langkah pembuatan benda uji antara lain sebagai berikut.

1. Kebutuhan *mix design* dihitung untuk memperoleh komposisi kebutuhan campuran yang tepat dan sesuai.
2. Semua bahan-bahan yang dibutuhkan untuk campuran beton seperti semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah yang dibutuhkan yaitu serat serabut kelapa dengan panjang 2 cm, 3 cm dan 4

cm dipersiapkan terlebih dahulu.

3. Molen (*mixer*) dan talam baja untuk alat yang membantu pelaksanaan proses pencampuran agregat disiapkan, selanjutnya alat dibasahi terlebih dahulu kemudian dibersihkan dan dipastikan alat tidak dalam kondisi kering, karena jika dalam kondisi kering alat akan menyerap kebutuhan air dari sebagian campuran beton.
4. Selanjutnya mesin molen *(mixer)* dinyalakan, saat mesin sudah berputar usahakan mesin dalam posisi miring 45°, untuk mendapatkan adukan campuran beton yang merata dan tidak menggumpal.
5. Agregat kasar dimasukkan terlebih dahulu kedalam mesin *mixer,* kemudian agregat halus dimasukkan sebagian dan tunggu sampai agregat tercampur merata.
6. Semen dimasukkan secara perlahan,
7. Serabut kelapa dimasukkan secara kontinu ke dalam *mixer* sesuai dengan presentase yang telah direncanakan.
8. Setelah agregat, semen, dan serabut kelapa tercampur merata, air dimasukkan sesuai kebutuhan kedalam molen secara berkala dengan gelas ukur.
9. Setelah adukan tercampur secara merata, sebagian adukan beton dituang ke talam baja, kemudian dilakukan uji slump. Uji slump bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai slump beton sebelum ditambahkan bahan tambah serat serabut kelapa.
10. Uji *slump* dilakukan dengan kerucut abrams yaitu kerucut terpancung dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dengan tingginya 30 cm. pengukuran uji *slump* dilakukan dengan cara memasukkan adukan secara bertahap sebanyak 1/3 dari isi cetakan kemudian setiap lapismya ditumbuk secara merata sebanyak 25 kali, tongkat diusahakan masuk kedalam sampai lapisan bawah tiap lapisnya. Setelah kerucut abrams penuh dengan beton sisi atasnya diratakan, diamkan kurang lebih selama ±30 detik. Kemudian kerucut diangkat secara perlahan vertikal keatas, lalu letakkan cetakan abrams di sampingnya, Kemudian nilai *slump* diukur

dengan cara membandingkan perbedaan tinggi cetakan abrams dengan tinggi benda uji.

11. Cetakan baik silinder atau balok yang akan dipakai disiapkan, dengan sudah diolesi oli terlebih dahulu.
12. Adukan beton yang terdapat di *mixer* dituangkan seluruhnya ke dalam beberapa ember.
13. Selanjutnya adukan beton yang terdapat pada ember dituangkan ke dalam cetakan silinder atau balok sesuai kebutuhan. dimasukkan dengan cetok atau sekop secara bertahap 1/3 bagian kemudian ditumbuk sebanyak 25 kali, dan diulangi sampai cetakan penuh dengan adonan beton. Selanjutnya, diberikan pukulan sebanyak 10 sampai 15 kali di luar cetakan dengan menggunakan palu karet untuk menaikkan gelembung udara yang ada di dalam cetakan, sehingga cetakan akan lebih padat.
14. Setelah dirasa padat, permukaan cetakan diratakan dengan cetok perata.
15. Adonan yang ada dalam cetakan diletakkan di tempat yang terlindung dari hujan dan cahaya matahari langsung.
16. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian diberikan kode pada benda uji agar benda uji tidak tertukar.
17. Benda uji direndam di dalam bak perendaman yang berisi air bersih selama 27 hari.
18. Setelah melalui masa perendaman, dibutuhkan waktu pengeringan benda uji beton selama 1 hari.
19. Benda uji beton sudah siap untuk diuji kuat tekan dan kuat lenturnya.

4.6.4 Proses Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji beton adalah proses pekerjaan untuk menjaga agar permukaan beton selalu lembab, mulai dari adukan beton dipadatkan hingga beton dianggap sudah cukup keras. Kelembapan permukaan beton harus selalu dijaga agar menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dengan air) terjadi secara maksimal. Jika proses ini tidak dilakukan maka akan adanya beton yang kurang kuat, dan akan timbul keretakan. Kelembapan permukaan juga dapat menambah beton tahan terhadap cuaca dan lebih kedap terhadap air. Perawatan benda uji

dilakukan dengan direndam benda uji di dalam bak yang berisi air.

Masih terdapat beberapa cara untuk perawatan beton yang biasanya dilakukan dengan cara:

1. Meletakkan beton segar di ruangan yang lembab,
2. Meletakkan beton segar di dalam genangan yang berisi air, dan
3. Menyelimuti permukaan beton dengan karung yang dibasahi dahulu.

Benda uji tersebut terus dirawat dengan menjaga benda uji agar selalu basah atau selalu lembab sampai selama 1 hari sebelum dilakukan pengujian misal 27 hari agar kekuatan beton semakin meningkat. Dengan adanya ketersediaan air yang cukup untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran dan pengerasan beton. Selain beton menjadi meningkat kekuatannya dengan adanya perawatan yang baik juga akan menjadikan beton lebih awet terhadap agresi kimia.

4.6.5 Proses Pengujian Benda Uji

Setelah benda uji telah melalui proses perawatan dan telah mencapai umur rencana, maka benda uji sudah siap untuk dilakukan pengujian. Seperti pengujian kuat tekan dan kuat lentur yang pelaksanaannya dijelaskan sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Adapun langkah-langkah dalam pengujian kuat tekan benda uji antara lain sebagai berikut.

a. benda uji yang akan diuji kuat tekannya disiapkan dari bak perendaman 24 jam sebelum pengujian kuat tekan dilakukan, kemudian benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel di benda uji dengan kain lap.
b. Benda uji dilakukan pengukuran dan penimbangan.
c. Permukaan atas benda uji silinder dilapisi *(capping)* dengan mortar belerang.
d. Benda uji diletakkan pada mesin *Compression Testing Machine* (CTM) secara sentris.
e. Mesin dijalankan dengan penambahan beban yang konstan, sekitar 2 sampai 4 kg/cm^2 per detik.

f. Pembebanan dilakukan hingga benda uji hancur, kemudian beban maksimum yang terjadi dicatat hasilnya.

2. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji

Adapun langkah-langkah dalam pengujian kuat lentur benda uji antara lain sebagai berikut.

a. Dimensi penampang benda uji diukur dan dicatat dengan bantuan alat jangka sorong.
b. Benda uji ditimbang dan diukur dimensinya.
c. Dibuat garis-garis melintang sebagai tanda dari letak titik perletakan dan titik pembebanan, seperti:
   - menggaris sejauh 5% dari bentang, di luar titik perletakan beban, untuk sistem pembebanan 2 titik beban.
   - menggaris sejauh 10% dari bentang, di luar titik perletakan beban, untuk sistem pembebanan 1 titik beban.
d. Blok tumpuan diletakkan di atas meja mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM) bagian bawah, dengan jarak antara kedua blok tumpuan tertentu sudah sesuai dengan panjang benda uji.
e. Benda uji diletakkan di atas dua blok tumpuan, dengan kedudukan sisi benda uji saat pengecoran berada di samping.
f. Blok beban diletakkan pada titik pembebanan dibenda uji, sesuai dengan kebutuhan jumlah beban.
g. Mesin tekan dinyalakan, dengan sudah mengatur titik beban uji dari mesin tekan yang berada tepat di tengah blok beban. Pembebanan harus diatur sedemikian rupa agar tidak menimbulkan beban kejut.
h. Kecepatan pembebanan dijalankan secara kontinu, pada pembebanan di ±50% dari beban maksmimum beban yang diperkirakan sebelumnya. Pembebanan boleh dipercapat lebih dari 6 KN per-menit.
i. Apabila benda uji sudah patah, pembebanan dihentikan dan dicatat hasil beban maksimumnya.
j. Benda uji yang sudah selesai diuji diambil, kemudian diukur dan dicatat tampak melintang patahan dengan ketelitian 0,25 mm, minimal

pada tiga tempat kemudian diambil nilai rata-ratanya.

k. Jarak rata-rata dari penampang melintang patahan dari tumpuan terdekat diukur dan dicatat pada empat lokasi dibagian tariknya pada arah bentang dan diambil nilai rata-ratanya.

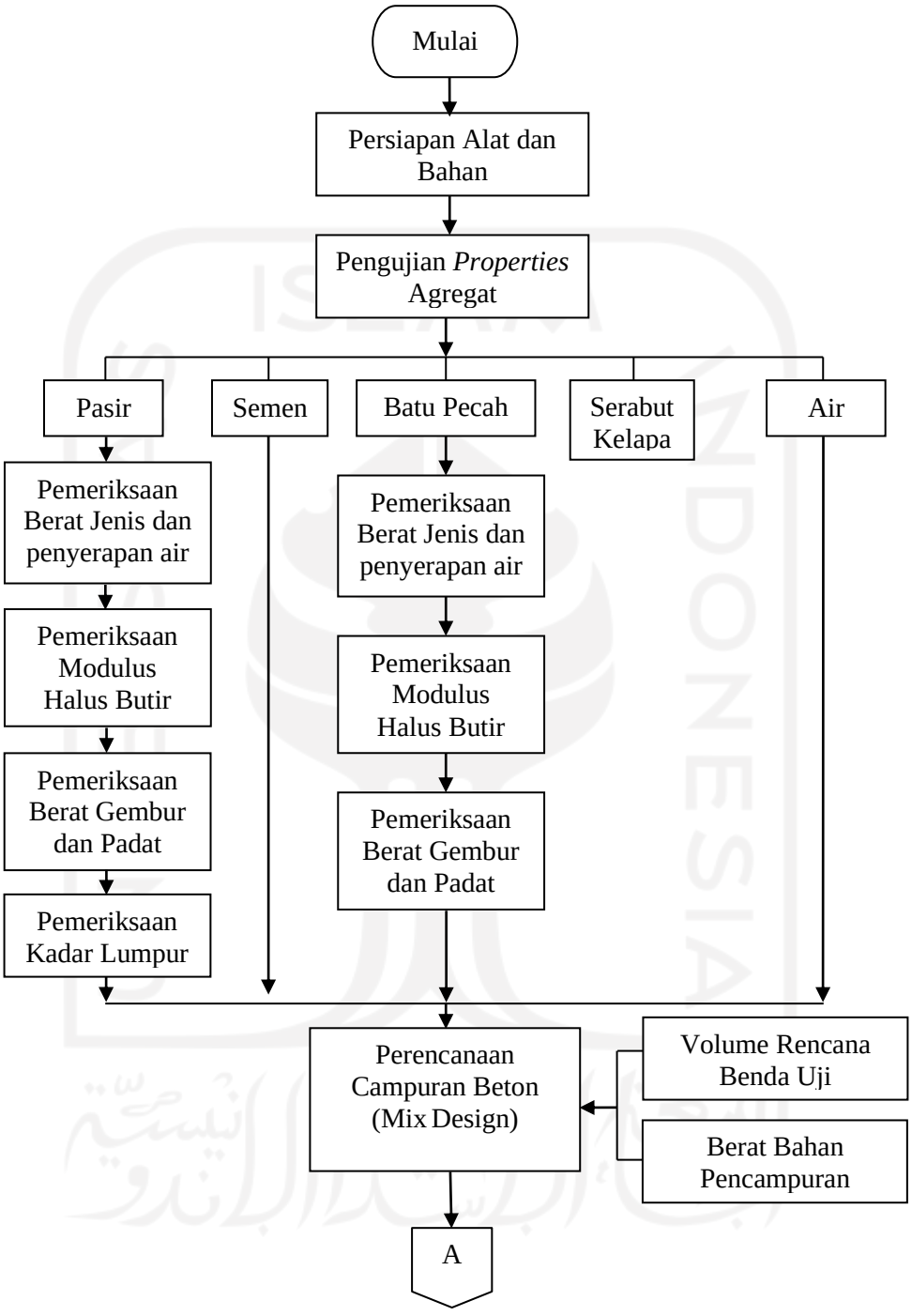
l. Bidang yang patah diperhatikan, apakah agregatnya pecah, lepas ataupun kombinasi keduanya.

4.7 Pengolahan Data

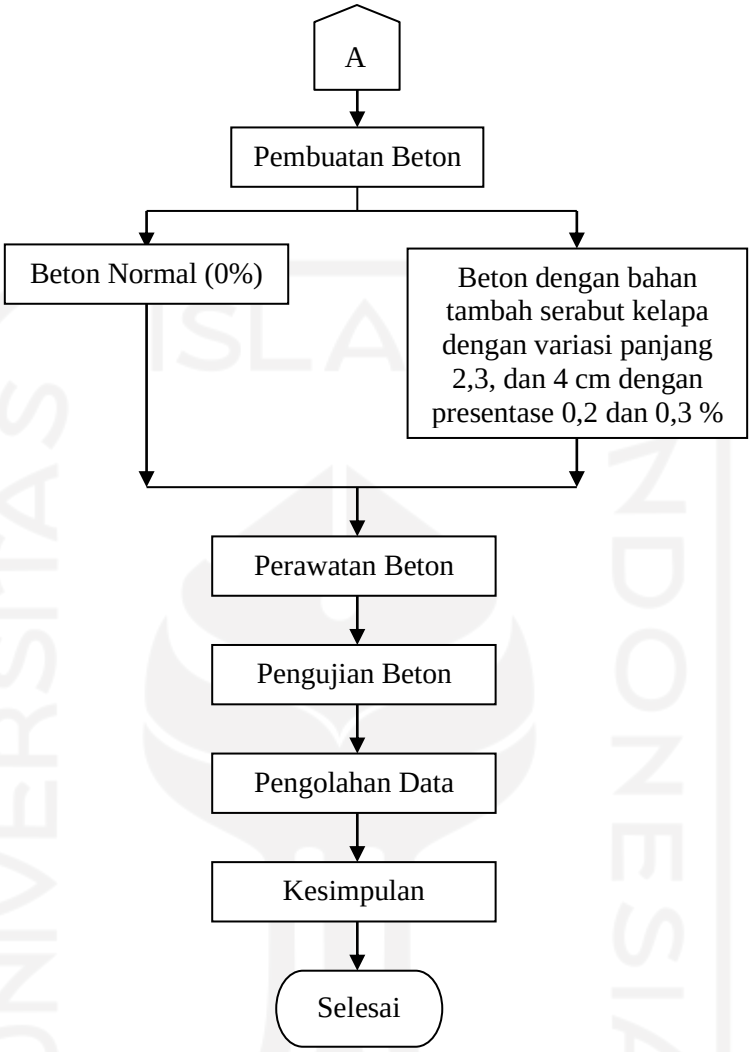
Hasil data-data kasar pengujian yang kemudian diolah lebih lanjut berdasarkan kode dan kesesuain dengan landasan teori yang digunakan untuk mendapatkan parameter atau hubungan yang memiliki makna.

4.8 Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilalui pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk *flowchart* atau bagan alir penelitian yang dapat dilihat seperti pada Gambar 4.26 sebagai berikut:



Gambar 4.26 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.26 Bagan Alir Penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Hasil penelitian dan pembahasan akan dijabarkan pada bab ini, penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia. Tujuan penelitian ini antara lain untuk memperoleh data material seperti berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan agregat kasar, modulus halus butir agregat halus dan agregat kasar, berat isi gembur dan padat agregat halus dan agregat kasar, dan kandungan lumpur pada agregat halus. Sedangkan untuk bahan tambahan yang digunakan berupa serabut kelapa yang sudah dipotong-potong terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan panjang yaitu 2 cm, 3 cm, dan 4 cm, dengan presentase yang dipakai sebanyak 0,2% dan 0,3% dari berat beton normal.

Pada bab ini juga akan membahas mengenai hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan, yaitu hasil dari pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada beton yang diteliti. Hasil penelitian yang berupa nilai-nilai dan variabel yang sudah disebutkan sebelumnya, yang kemudian akan dianalisis untuk mengetahui pengaruh nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan bahan tambahan serabut kelapa.

5.2 Pengujian Agregat

Pengujian agregat bertujuan untuk memeriksa dan mengetahui sifat dan karakteristik pada agregat sebagai bahan penyusun beton. Agregat harus memenuhi beberapa persyaratan sebelum digunakan dalam perencanaan campuran beton *(mix design).* Pengujian agregat terdiri dari pemeriksaan agregat halus dan pemeriksaan agregat kasar.

5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus terdiri dari pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian modulus halus butir, pengujian berat isi gembur dan padat, dan

pengujian kadar lumpur (lolos saringan no. 200). Berikut ini adalah hasil dari pengujian agregat halus:

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

   Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus berpedoman pada SNI 03-1970-1990. Dengan perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus untuk sampel 1 akan dijelaskan sebagai berikut.

   a. Berat Jenis Curah

   $$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)}$$
   $$= \frac{490}{(707 + 500 - 1018)}$$
   $$= 2,593$$

   b. Berat Jenis Jenuh Kering Muka

   $$\text{Berat jenis jenuh kering muka} = \frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$$
   $$= \frac{500}{(707 + 500 - 1018)}$$
   $$= 2,646$$

   c. Berat Jenis Semu

   $$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$$
   $$= \frac{490}{(707 + 490 - 1018)}$$
   $$= 2,737$$

   d. Penyerapan air

   $$\text{Penyerapan air} = \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\%$$
   $$= \frac{(500 - 490)}{490} \times 100\%$$
   $$= 2,041\%$$

   Besaran berat jenis yang digunakan telah sesuai dengan batas minimum dan maksimum berat jenis agregat normal yakni sebesar 2,5 – 2,7. Tjokrodimuljo (1996). Begitu juga untuk menghitung sampel 2, dengan cara yang sama dihitung pula nilai berat jenis dan penyerapan air agregat halusnya dan nilai rata-ratanya. Sehingga didapatkan rekapitulasi hasil

pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	490	489	490
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1018	1010	1014
Berat piknometer berisi air, gram (B)	707	706	706.5
Berat jenis curah (Bk/(B+500-Bt))	2,593	2,495	2,544
Berat jenis jenuh kering muka (500/(B+500-Bt))	2,646	2,551	2,599
Berat jenis semu, (Bk/(B+Bk-Bt))	2,737	2,643	2,69
Penyerapan air, ((500-Bk)/(Bk x 100))	2,041%	2,249%	2,145%

2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pada pengujian analisa saringan agregat halus ini mengunakan acuan SNI 03-1968-1990, dengan sampel sebanyak 2000 gram. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui data berat tertinggal pada setiap masing-masing nomor saringan yang datanya dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3. Berikut adalah perhitungan analisa saringan agregat halus pada sampel 1.

a. Presentase Berat Teringgal

$$\text{Presentase berat tertinggal} = \frac{Berat\ Tertinggal}{\sum Berat\ Tertinggal} \times 100\%$$

$$\text{Lubang saringan 4,8 mm} = \frac{11}{2004} \times 100\%$$

$$= 0,549\%$$

$$\text{Lubang saringan 2,4 mm} = \frac{84}{2004} \times 100\%$$

$$= 4,192\%$$

$$\text{Lubang saringan 1,2 mm} = \frac{227}{2004} \times 100\%$$

$= 11,327\%$

Lubang saringan 0,6 mm $= \frac{532}{2004} \times 100\%$

$= 26,547\%$

Lubang saringan 0,3 mm $= \frac{589}{2004} \times 100\%$

$= 29,391\%$

Lubang saringan 0,15 mm $= \frac{462}{2004} \times 100\%$

$= 23,054\%$

Sisa di pan $= \frac{99}{2004} \times 100\%$

$= 4,940\%$

b. Presentase Berat Tertinggal Kumulatif

Lubang saringan 4,8 mm = 0,549%

Lubang saringan 2,4 mm = 0,549% + 4,192%
= 4,741%

Lubang saringan 1,2 mm = 4,741% + 11,327%
= 16,068%

Lubang saringan 0,6 mm = 16,068% + 26,547%
= 42,615%

Lubang saringan 0,3 mm = 42,615% + 29,391%
= 72,006%

Lubang saringan 0,15 mm = 72,006% + 23,054%
= 95,060%

Sisa di pan = 95,060% + 4,940%
= 100%

c. Presentase Lolos Kumulatif

Lubang saringan 4,8 mm = 100% - 0,549%
= 99,451%

Lubang saringan 2,4 mm = 100% - 4,741%
= 95,259%

Lubang saringan 1,2 mm = 100% - 16,068%1
= 83,932%

Lubang saringan 0,6 mm = 100% - 42,615%
= 57,385%
Lubang saringan 0,3 mm = 100% - 72,006%
= 27,994%
Lubang saringan 0,15 mm = 100% - 95,060%
= 4,940%
Sisa di pan = 100% - 100%
= 0%

Dengan langkah yang sama di atas, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan analisa saringan agregat halus pada sampel 2. Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan analisa saringan agregat halus sampel 1 dan sampel 2 yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.3 dibawah ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,8	11	0,5489	0,5489	99,4511
2,4	84	4,1916	4,7405	95,2595
1,2	227	11,3273	16,0679	83,9321
0,6	532	26,5469	42,6148	57,3852
0,3	589	29,3912	72,0060	27,9940
0,15	462	23,0539	95,0599	4,9401
Pan	99	4,9401	100	0
Jumlah	2004	100	231,038	

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,8	9	0,4496	0,4496	99,5504
2,4	73	3,6464	4,0959	95,9041
1,2	205	10,2398	14,3357	85,6643
0,6	545	27,2228	41,5584	58,4416
0,3	598	29,8701	71,4286	28,5714
0,15	481	24,0260	95,4545	4,5455
Pan	91	4,5455	100	0
Jumlah	2002	100	227,323	

Dari hasil pengujian analisis saringan agregat halus di atas dapat dihitung nilai modulus halus butir yaitu sebagai berikut.

d. Modulus Halus Butir Agregat Halus (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{Persentase berat tertinggal}}{100}$$

$$\text{MHB Sampel 1} = \frac{231,038}{100}$$

$$= 2,310\%$$

$$\text{MHB Sampel 2} = \frac{227,323}{100}$$

$$= 2,273\%$$

$$\text{MHB Rata-rata} = \frac{2,310 + 2,273}{2}$$

$$= 2,292\%$$

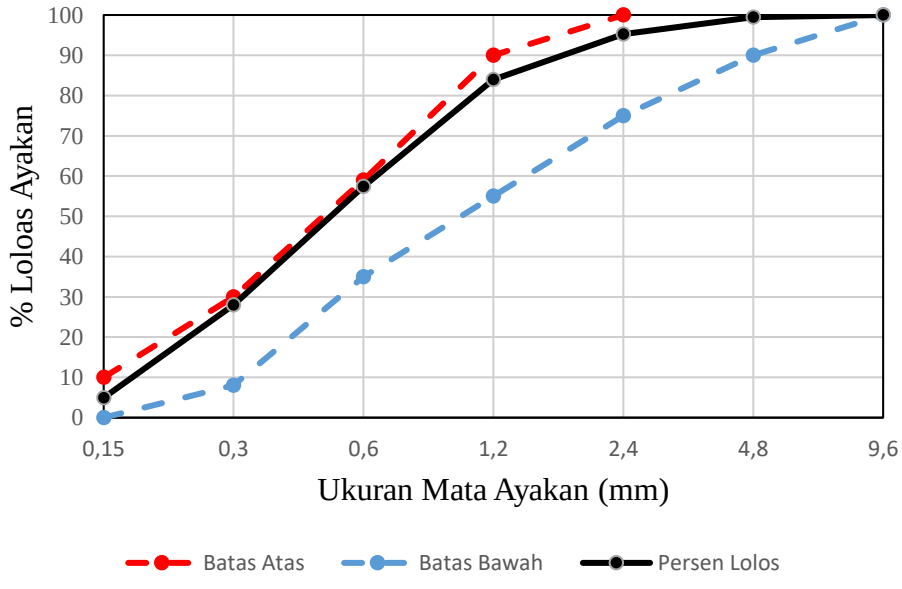
Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai MHB rata-rata sebesar 2,292% dan masih masuk kedalam batas yang diizinkan yaitu

sebesar 1,5% - 3,8% (SK SNI S-04-1989-F). Hasil dari analisa saringan juga digunakan untuk menentukan gradasi agregat halus sesuai dengan tabel gradasi agregat halus, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.4. Pasir yang dipakai masuk kedalam Daerah II dan merupakan golongan pasir agak kasar. Dari tabel gradasi selanjutnya dibuat kurva gradasi agregat halusnya, seperti pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 berikut.

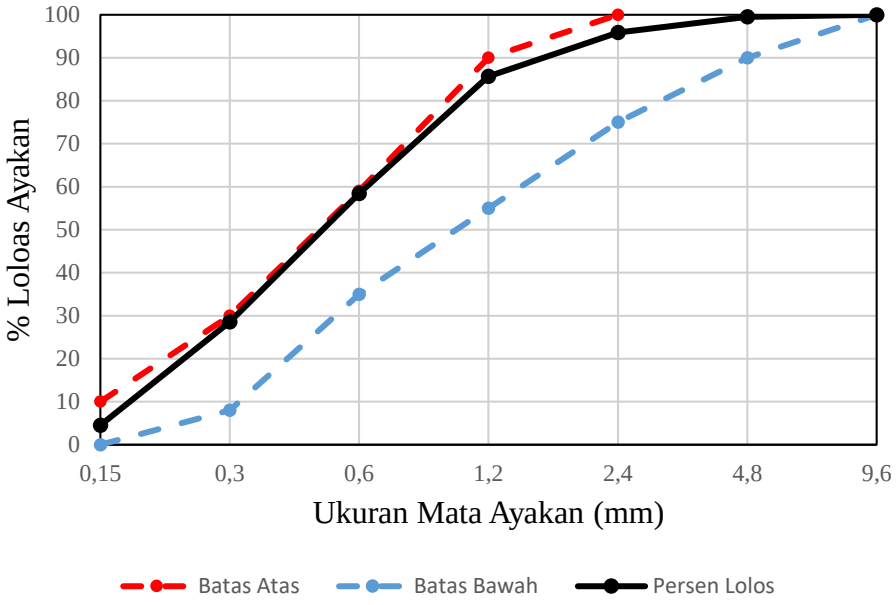
Tabel 5.4 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: SNI 2834-2000



Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat Halus Sampel 1



Gambar 5.2 Kurva Gradasi Agregat Halus Sampel 2

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Pengujian berat volume agregat halus dibagi menjadi pemeriksaan berat volume gembur dan berat volume padat dengan menggunakan acuan SNI 03-4804-1998. Berikut contoh perhitungan berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus pada sampel 1.

a. Berat Volume Gembur

Berat Agregat (W3) = W2 – W1

= 18344 – 11403

= 6941 gram

Volume Tabung (V) $= \frac{1}{4}\pi\ d^2\ t$

$= \frac{1}{4}\pi \times 14,92^2 \times 29,8$

$= 5210,073\ \text{cm}^3$

Berat Volume Gembur $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{6941}{5210,073}$

$= 1{,}332 \text{ gram/cm}^3$

b. Berat Volume Padat

Berat Agregat (W3) = W2 – W1

= 19415 – 11403

= 8012 gram

Volume Tabung (V) $= \frac{1}{4} \pi \, d^2 \, t$

$= \frac{1}{4} \pi \times 14{,}92^2 \times 29{,}8$

$= 5210{,}073$

Berat Volume Padat $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{8012}{5210{,}073}$

$= 1{,}538 \text{ gram/cm}^3$

Begitu juga dengan sampel 2, dengan cara yang sama dihitung pula berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus sampel 2, berikut adalah hasil rekapitulasi pengujian berat volume gembur dan padat agregat halus yang dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,92	14,92	14,92
Tinggi silinder (t), cm	29,8	29,8	29,8
Berat tabung (W1), gram	11403	11066	11234.5
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18344	17929	18136.5
Berat agregat (W3), gram	6941	6863	6902
Volume tabung (V), gram	5210,073	5210,073	5210,073
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm3	1,332	1,317	1,325

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,92	14,92	14,92
Tinggi silinder (t), cm	29,8	29,8	29,8
Berat tabung (W1), gram	11403	11066	11234.5
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	19415	19369	19392
Berat agregat (W3), gram	8012	8303	8157.5
Volume tabung (V), gram	5210,073	5210,073	5210,073
Berat volume padat (W3/V), gram/cm3	1,538	1,594	1,566

Dari hasil pengujian di atas didapat berat volume gembur agregat halus rata-rata sebesar 1,325 gram/cm^3 dan berat volume padat agregat halus rata-rata sebesar 1,566 gram/cm^3. Hasil dari penelitian yang dilakukan sudah sesuai dengan rentang berat volume agregat yang dikemukakan oleh Tjokrodimuljo (1996) yakni 1,20 – 1,60.

4. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kadar Lumpur Pada Pasir)

Pengjian lolos saringan no. 200 atau disebut juga pengujian kadar lumpur pada pasir menggunakan SNI 03-4142-1996. Berikut perhitungan kadar lumpur pada pasir untuk sampel 1.

Kadar lumpur dalam pasir $= \frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$

$= \frac{500-496}{500} \times 100\%$

$= 0{,}8\%$

Begitu juga dengan sampel 2, dengan cara yang sama dihitung juga kadar lumpur pada pasir sampel 2 dan nilai rata-ratanya, sehingga didapatkan hasil pengujian lolos saringan no. 200 atau pengujian kadar lumpur pada pasir yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	496	496	496
Presentase yang lolos ayakan No. 200 [(W1-W2/W1]x100	0,8%	0,8%	0,8%

Dari pengujian lolos saringan No. 200 yang dilakukan didapatkan persentase kandungan lumpur rata-rata sebesar 0,8%. Besar persentase tersebut telah sesuai dengan syarat pada SK SNI S-04-1989-F yakni persentase maksimum kandungan lumpur yang terkandung dalam agregat halus sebesar 5%.

5.2.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat terdiri dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, pengujian analisa saringan agregat kasar, dan pengujian berat volume agregat kasar. Berikut adalah hasil dari pengujian agregat kasar.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berpedoman pada SNI 03-1969-1990. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat dari Tabel 5.8. Berikut adalah perhitungan dari berat jenis dan penyerapan air agregat kasar pada sampel 1.

a. Berat Jenis Curah

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{(Bj - Ba)}$$

$$= \frac{4953}{(5000 - 3094)}$$

$$= 2.599$$

b. Berat Jenis Jenuh Kering Muka (SSD)

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)}$$

$$= \frac{5000}{(5000 - 3094)}$$

$$= 2{,}623$$

c. Berat Jenis Semu

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(Bk - Ba)}$$

$$= \frac{4953}{(4953 - 3094)}$$

$$= 2{,}662$$

d. Penyerapan Air

$$\text{Penyerapan air} = \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\%$$

$$= \frac{(5000 - 4953)}{4953} \times 100\%$$

$$= 0{,}949\%$$

Begitu juga dengan cara yang sama untuk sampel 2, dihitung juga nilai berat jenis dan penyerapan air agregat kasarnya dan diambil nilai rata-ratanya. Berikut adalalah hasil rekapitulasi pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.8 dibawah ini.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4953	4954	4953,5
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3094	3092	3093
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	2,599	2,596	2,598

Lanjutan Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	2,623	2,621	2,622
Berat jenis semu, (Bk/(Bk-Ba))	2,662	2,661	2,662
Penyerapan air, ((Bj-Bk)/(Bk x 100))	0,949%	0,929%	0,939%

Dari hasil pengujian tersebut, didapatkan berat jenis kering muka rata-rata sebesar 2,622. Besaran berat jenis yang digunakan telah sesuai dengan batas minimum dan maksimum berat jenis agregat normal yang dikemukakan oleh Tjokrodimuljo (1996) yakni sebesar 2,5 – 2,7.

2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar menggunakan acuan SNI 03-1968-1990 dengan sampel seberat 5000 gram. Pada pengujian ini didapatkan data berat tertinggal pada setiap masing-masing nomor saringan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10. Berikut adalah contoh perhitungan analisa saringan agregat halus pada sampel 1.

a. Presentase Berat Tertinggal

$$\text{Presentase berat tertinggal} = \frac{\text{Berat Tertinggal}}{\Sigma\text{Berat Tertinggal}} \times 100\%$$

$$\text{Lubang saringan 40 mm} = \frac{0}{5002} \times 100\% = 0$$

$$\text{Lubang saringan 20 mm} = \frac{0}{5002} \times 100\% = 0$$

$$\text{Lubang saringan 10 mm} = \frac{3650}{5002} \times 100\% = 72,971$$

$$\text{Lubang saringan 4,8 mm} = \frac{1140}{5002} \times 100\% = 22,791$$

Lubang saringan 2,4 mm $= \frac{102}{5002} \times 100\%$

$= 2,040$

Lubang saringan 1,2 mm $= \frac{0}{5002} \times 100\%$

$= 0$

Pan $= \frac{107}{5002} \times 100\%$

$= 2,140$

b. Presentase Berat Tertinggal Kumulatif

Lubang saringan 40 mm $= 0\%$

Lubang saringan 20 mm $= 0\% + 0\%$

$= 0\%$

Lubang saringan 10 mm $= 0\% + 73,015\%$

$= 73,015\%$

Lubang saringan 4,8 mm $= 73,015\% + 22,805\%$

$= 95,819\%$

Lubang saringan 2,4 mm $= 95,819\% + 2,040\%$

$= 97,860\%$

Lubang saringan 1,2 mm $= 97,860\% + 0\%$

$= 97,860\%$

Pan $= 97,860\% + 2,140\%$

$= 100\%$

c. Presentase Lolos Kumulatif

Lubang saringan 40 mm $= 100\% - 0\%$

$= 100\%$

Lubang saringan 20 mm $= 100\% - 0\%$

$= 100\%$

Lubang saringan 10 mm $= 100\% - 73,015\%$

$= 26,985\%$

Lubang saringan 4,8 mm $= 100\% - 95,819\%$

$= 4{,}181\%$

Lubang saringan 2,4 mm $= 100\% - 97{,}860\%$

$= 2{,}140\%$

Lubang saringan 1,2 mm $= 100\% - 97{,}860\%$

$= 2{,}140\%$

Pan $= 100\% - 100\%$

$= 0\%$

Begitu juga dengan cara yang sama untuk sampel 2, dihitung juga analisa saringan untuk sampel 2. Berikut adalalah hasil rekapitulasi perhitungan analisa saringan agregat kasar sampel 1 dan 2 dapat dilihat ada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 dibawah ini.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3650	73.015	73.015	26.985
4,8	1140	22.805	95.819	4.181
2,4	102	2.040	97.860	2.140
1,2	0	0	97.860	2.140
0,6	0	0	97.860	2.140
0,3	0	0	97.860	2.140
0,15	0	0	97.860	2.140
Pan	107	2.140	100	0
Jumlah	4999	100	658.132	

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	13	0.26	0.260	99.740
10	3693	73.86	74.120	25.880
4,8	1079	21.58	95.700	4.300
2,4	125	2.5	98.200	1.800
1,2	0	0	98.200	1.800
0,6	0	0	98.200	1.800
0,3	0	0	98.200	1.800
0,15	0	0	98.200	1.800
Pan	90	1.8	100	0
Jumlah	5000	100	661.080	

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat kasar di atas dapat ditentukan nilai modulus halus butir agregat kasar sebagai berikut.

d. Modulus Halus Butir Agregat Kasar (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{Persentase Agregat Kasar}}{100}$$

$$\text{MHB Sampel 1} = \frac{658,132}{100}$$

$$= 6,581$$

$$\text{MHB Sampel 2} = \frac{661,080}{100}$$

$$= 6,610$$

$$\text{MHB Rata-rata} = \frac{6,581 + 6,610}{2}$$

$$= 6,596$$

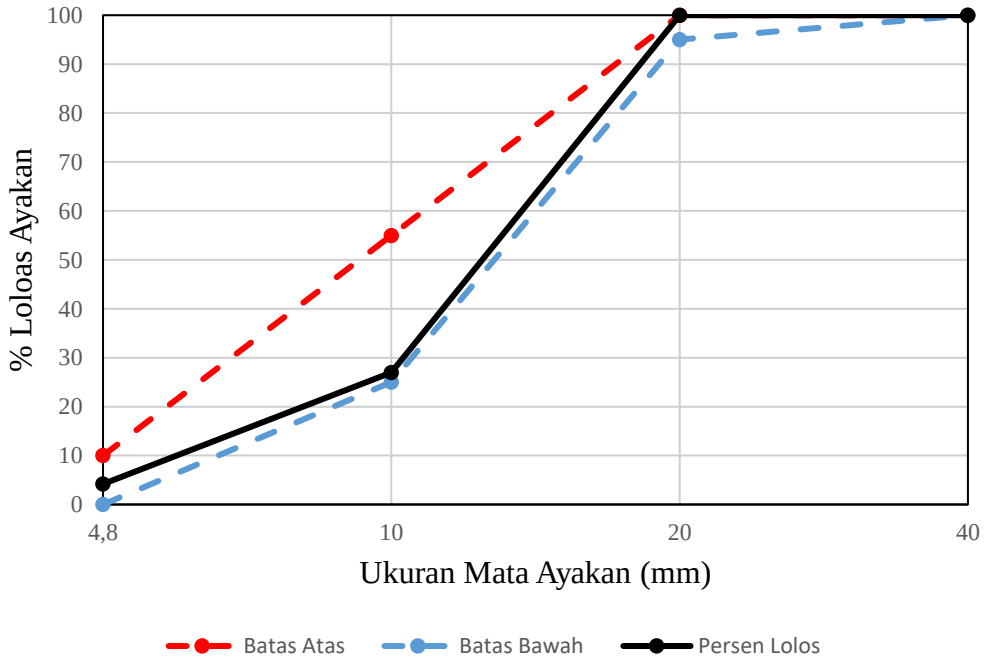
Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, nilai modulus halus butir agregat kasar berkisar antara 5–8. Berdasarkan aturan tersebut, pengujian ini sudah memenuhi syaratnya. Hasil analisa saringan agregat kasar juga digunakan untuk menentukan ukuran maksimum agregat berdasarkan gradasi agregat kasar seperti pada Tabel 5.11. Dari tabel gradasi agregat kasar tersebut

dapat dibuat kurva gradasi agregat kasarnya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan 5.4 berikut.

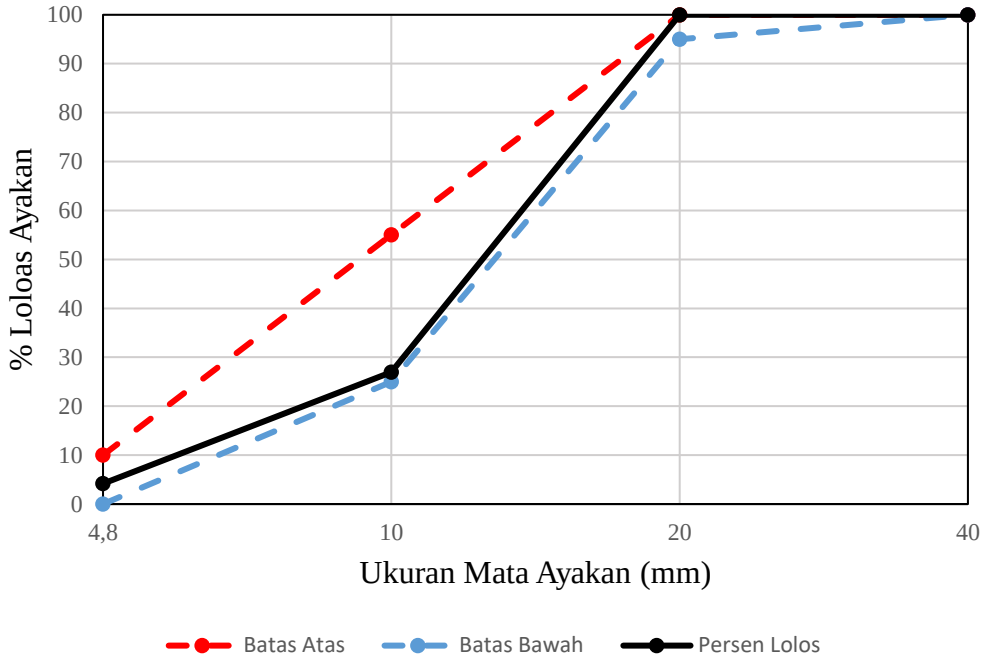
Tabel 5.11 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Agregat yang Lolos Ayakan/Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

(Sumber: SNI 2834-2000)



Gambar 5.3 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 1



Gambar 5.4 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 2

Berdasarkan kurva gradasi agregat kasar di atas, ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran maksimum 20 mm.

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar

Pengujian berat volume gembur dan padat pada agregat kasar berstandar dari SNI 03-4804-1998. Berikut adalah perhitungan berat volume gembur dan padat agregat kasar untuk sampel 1.

a. Berat Volume Gembur

Berat Agregat (W3) = W2 – W1

= 17726 – 10920

= 6806 gram

Volume Tabung (V) $= \frac{1}{4}\pi\ d^2\ t$

$= \frac{1}{4}\pi \times 14,98^2 \times 30,03$

$= 5292,597\ \text{cm}^3$

Berat Volume Gembur $= \frac{W3}{V}$

$$= \frac{6806}{5292,597}$$

$$= 1,286 \text{ gram/cm}^3$$

b. Berat Volume Padat

Berat Agregat (W3) = W2 – W1

= 18434 – 10920

= 7514 gram

Volume Tabung (V) $= \frac{1}{4} \pi \, d^2 \, t$

$$= \frac{1}{4} \pi \times 14,98^2 \times 30,02$$

$$= 5292,597$$

Berat Volume Gembur $= \frac{W3}{V}$

$$= \frac{7514}{5292,597}$$

$$= 1,420 \text{ gram/cm}^3$$

Begitu juga dengan sampel 2, dengan cara yang sama dihitung pula berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar sampel 2, sehingga dapat diperoleh hasil rekapitulasi pengujian berat volume gembur dan padat agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,98	14,98	14,98
Tinggi silinder (t), cm	30,03	30,03	30,03
Berat tabung (W1), gram	10920	10920	10920
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	17726	17979	17852.5
Berat agregat (W3), gram	6806	7059	6932,5
Volume tabung (V), gram	5292,597	5292,597	5292,597
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm3	1,286	1,3334	1,310

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,98	14,98	14,98
Tinggi silinder (t), cm	30,03	30,03	30,03
Berat tabung (W1), gram	10920	10920	10920
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18434	18647	18540,5
Berat agregat (W3), gram	7514	7727	7620,5
Volume tabung (V), gram	5292,597	5292,597	5292,597
Berat volume padat (W3/V), gram/cm3	1,420	1,460	1,440

Dari hasil pengujian di atas didapat berat volume gembur agregat kasar rata-rata sebesar 1,310 gram/cm^3 dan berat volume padat agregat kasar rata-rata sebesar 1,440 gram/cm^3. Hasil penelitian ini sudah sesuai dengan rentang berat volume agregat yang dikemukakan oleh Tjokrodimuljo (1996) yakni 1,20 – 1,60

5.3 Perencanaan Campuran Beton *(Mix Design)*

Dari data uji material yang sudah diperoleh, selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton *(mix design)* dengan standar SNI-03-2834-2000, yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Menentukan nilai kuat tekan rencana (*f'c*) sebesar 25 Mpa.
2. Menghitung Nilai Tambah

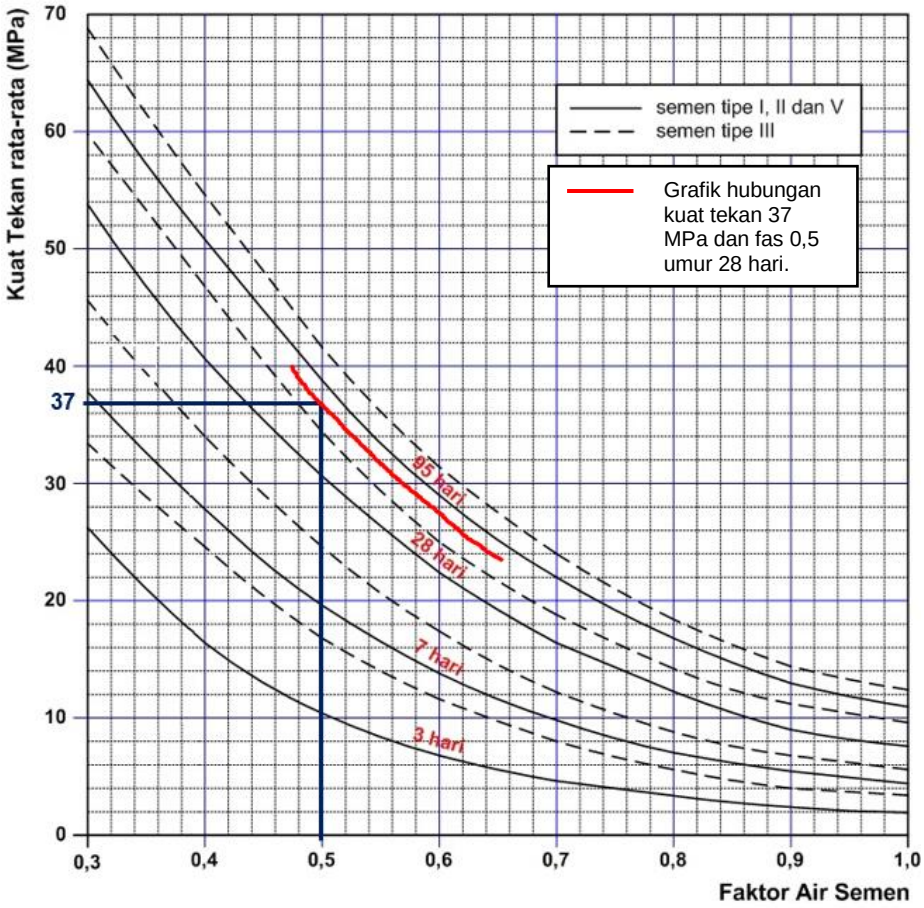
   Karena jumlah sampel benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah per variasi dan kurang dari 15 buah, maka nilai tambah (M) yang dipakai tidak kurang dari 12 MPa. Hal ini juga sudah sesuai persyaratan, jika *f'cr* yang diambil kurang dari (*f'c*+12 MPa) jika tidak memiliki data lapangan sebelumnya.
3. Kuat tekan rata-rata rencana *(f'cr)*

   $f'cr = f'c + M$

   $= (25 + 12)$

   $= 37$ MPa.

4. Semen yang dipakai adalah semen *portland* (PCC) yang masuk kedalam kategori tipe I. *merk* Dynamix
5. Berdasarkan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar, didapatkan berat jenis agregat halus sebesar 2,599 dan berat jenis agregat kasar sebesar 2,622.
6. Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agreagat halus, susunan butir agregat halus masuk kedalam gradasi daerah II.
7. Menentukan nilai faktor air semen (FAS)
    a. Semen yang dipakai adalah semen *portland* tipe I, jenis agregat kasar berbentuk batu pecah,benda uji silinder dengan kuat tekan pada umur 28 hari. Maka berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0.5 sebesar 37 MPa.
    b. Dengan menggunakan Gambar 5.5 berikut, tarik garis vertikal keatas dari nilai fas 0.5, kemudian tarik garis horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata sebesar 37 MPa (dari Tabel 4.6), sehingga diperoleh titik perpotongaan antara kedua garis tersebut.
    c. Buat kurva baru yang memotong titik perpotongan sesuai hasil pada poin b.
    d. Tarik garis arah horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan sebesar 37 MPa sampai memotong kurva pada poin c.
    e. Tarik garis arah vertikal ke bawah dari titik perpotongan pada butir d, sehingga diperoleh nilai fas sebesar 0,5.



Gambar 5.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) untuk Benda Uji Silinder Diameter 150 mm, Tinggi 300 mm

(Sumber: SNI 2834-2000)

8. Menentukan kadar air yang diperlukan.

   Kadar air pada campuran beton dapat ditentukan sesuai dengan Tabel 4.7, dengan hasil sebagai berikut.

   a. Ukuran maksimum agregat kasar sesuai dengan hasil analisa saringan agregat kasar diperoleh 20 mm.

   b. Jenis batuan yang terdiri dari agregat halus (batu tak dipecahkan) dan agregat kasar (batu pecah).

   c. *Slump* yang dipakai 60-180 mm.

   d. Kadar air yang dibutuhkan dihitung dengan cara sebagai berikut.

      Kadar air bebas $= \frac{2}{3} \times Wh + \frac{1}{3} \times Wk$

$$= \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$$

$$= 205 \text{ kg/m}^3$$

9. Menentukan jumlah semen minimum dan fas maksimum.

   Jumlah semen minimum dan fas maksimum ditentukan berdasarkan Tabel 4.5. Dari Tabel 4.5 didapatkan jenis pembetonan yang digunakan adalah beton di dalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif, sehingga diperoleh jumlah semen minimum sebesar 275 kg/m^3 dan fas maksimum sebesar 0,60.

10. Menentukan kadar semen yang digunakan.

    a. Diperoleh nilai fas dari hasil pembacaan grafik sebesar 0,5 dan fas maksimum berdasarkan jenis pembetonan sebesar 0,60. Selanjutya diambil nilai fas yang terkecil, yaitu fas dari hasil pembacaan grafik sebesar 0,5.

    b. Menghitung kadar semen berdasarkan nilai fas dan kadar air sebagai berikut.

       Kadar semen $= \frac{kadar\ air}{fas}$

       $= \frac{205}{0.5}$

       $= 410 \text{ kg/m}^3$

    c. Didapatkan nilai kadar semen dari hasil perhitungan sebesar 410 kg/m^3 dan kadar semen minimum berdasarkan jenis pembetonan sebesar 275 kg/m^3, sehingga kadar semen yang digunakan adalah hasil perhitungan yaitu sebesar 410 kg/m^3.

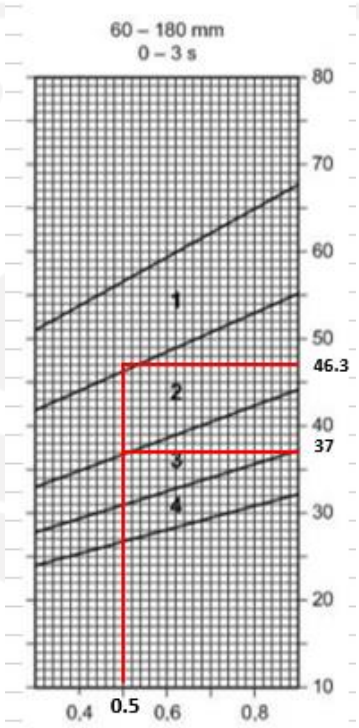
11. Menentukan presentase agregat halus dan agregat kasar.

    Presentase agregat halus ditentukan berdasarkan Gambar 5.6 berikut.

    a. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah 20 mm, nilai *slump* yang direncanakan masuk dalam range 60-180 mm, nilai fas yang digunakan sebesar 0,5 dan gradasi agregat halus masuk dalam gradasi II.

b. Tarik garis vertikal ke atas dari nilai fas 0,5 sampai memotong dua buah kurva yang membatasi daerah gradasi II.

c. Dari dua titik perpotongan pada poin b, tarik garis horinzotal ke kanan, sehingga diperoleh presentase batas atas agregat halus sebesar 46,3% dan presentase batas bawah agregat halus sebesar 37%.



Gambar 5.6 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI 2834-2000)

d. Nilai presentase agregat halus rata-rata depat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Presentase agregat halus} = \frac{46,3\% + 37\%}{2}$$
$$= 41,65\%$$

e. Nilai presentase agregat halus rata-rata dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Presentase agregat kasar} = 100\% - \text{ persentase agregat halus}$$
$$= 100\% - 41,65\%$$
$$= 58,35\%$$

12. Menghitung berat jenis relatif agregat gabungan dalam kondisi SSD.

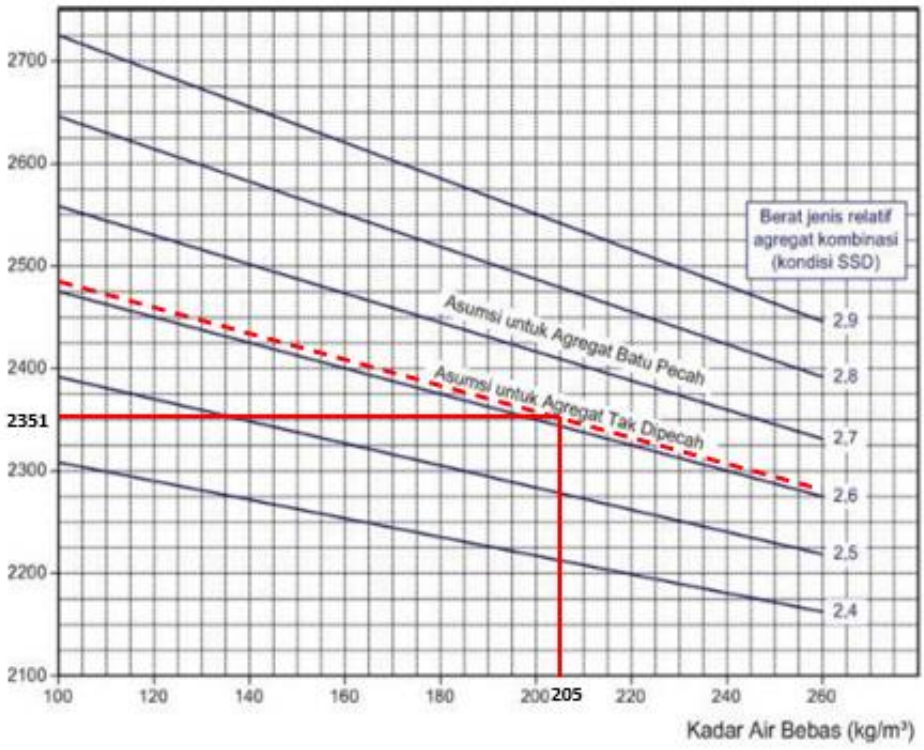
Berat jenis relatif agregat gabungan dapat dihitung sebagai berikut.

$$BJ_{\text{Agregat Gabungan}} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK})$$
$$= (41,65\% \times 2,599) + (58,35\% \times 2,622)$$
$$= 2,612$$

13. Menghitung berat isi beton

Berat isi beton dapat ditentukan dengan berdasarkan Gambar 5.7 sebagai berikut.

a. Membuat kurva baru sesuai dengan berat jenis relatif agregat gabungan yang diperoleh dari perhitungan poin 12 yaitu sebesar 2,612
b. Tarik garis vertikal ke atas sesuai dengan hasil kadar air sebesar 205 kg hingga memotong kurva baru pada poin a.
c. Setelah mendapat titik perpotongan pada poin b, tarik garis arah horizontal ke kiri, hingga diperoleh hasil perkiraan berat isi beton sebesar 2351 kg/m^3.



Gambar 5.7 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan
(Sumber: SNI 2834-2000)

14. Menghitung kadar agregat pada campuran beton.

Kadar agregat pada campuran beton dapat dihitung sebagai berikut.

Kadar agreagat = Berat is beton – Kadar semen – Kadar air

= 2351 – 410 – 205

= 1736 kg/m^3.

15. Menghitung kadar agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton.

Kadar agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung sebagai berikut.

Kadar agregat halus $= \%\ \text{Agregat halus} \times \text{Kadar agregat}$

$= 41,65\% \times 1736$

$= 723,04\ \text{kg/m}^3$

Kadar agregat kasar $= \text{Kadar agregat} - \text{Kadar agregat halus}$

$= 1736 - 723,04$

$= 1013\ \text{kg/m}^3$

16. Proporsi campuran per m^3 beton.

Berdasarkan hasil perencanaan campuran beton, diperoleh proporsi untuk masing-masing material per m^3 beton sebagai berikut.

a. Semen = 410 kg
b. Air = 205 kg
c. Agregat halus = 723,04 kg/m^3
d. Agregat kasar = 1013 kg/m^3

17. Proporsi campuran per m^3 beton dengan angka penyusutan.

Pada penelitian ini angka penyusutan yang dipakai sebesar 20%, sehingga didapatkan proporsi masing-masing material per m^3 beton dengan tambahan angka penyusutan adalah sebagai berikut.

e. Semen = 492 kg
f. Air = 246 kg
g. Agregat halus = 867,653 kg/m^3
h. Agregat kasar = 1215,55 kg/m^3

18. Hasil rekapitulasi campuran beton.

Berikut adalah hasil rekapitulasi perencanaan campuran beton *(mix design)* dapat dilihat dari Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton

Formulir Perencanaan Campuran Beton (SNI 2834-2000)			
No	**Uraian**	**Nilai**	**Satuan**
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	MPa
2	Nilai Tambah / Margin (M)	12	MPa
3	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	MPa
4	Jenis Semen	Tipe I	
5	Jenis Agregat Kasar	Batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Alami	
6	Faktor air semen bebas (fas)	0.5	
	Faktor air semen maksimum	0.6	
7	FAS digunakan	0.5	
8	Slump	60-180	mm
9	Ukuran agregat maksimum	20	mm
10	Kadar air bebas	205	kg/m3
11	Kadar semen minimum	275	kg/m3
	Kadar semen maksmum	-	kg/m3
12	Kadar semen digunakan	410	kg/m3
13	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi 2	
14	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2.622	
	Berat jenis agregat halus (SSD)	2.599	
15	Persen Agregat Halus	41.65%	%
16	Persen Agregat Kasar	58.35%	%
17	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2.612	
18	Berat isi Beton	2351	kg/m3
19	Kadar agregat gabungan	1736	kg/m3
20	Kadar agregat halus	723,04	kg/m3
21	Kadar agregat kasar	1013	kg/m3
22	Kadar semen dengan angka penyususstan	492.	kg/m3
23	Kadar air dengan angka penyusutan	246	kg/m3
24	Kadar agregat halus dengan angka penyususstan	867,653	kg/m3
25	Kadar agregat kasar dengan angka penyusutan	1215,55	kg/m3

19. Volume sampel benda uji

Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan terdiri dari 21 silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm, serta 21 balok dengan dimensi 150×150×600 mm. Untuk volume benda uji dihitung berdasarkan jumlah

benda uji dalam satu kali *mixing*, dalam penelitian ini, pembuatan benda uji tiap varian dilakukan dalam satu kali *mixing*, setiap *mixing* terdiri dari 3 silinder dan 3 balok, karena total ada 7 varian, maka *mixing* dilakukan sebanyak 7 kali. Untuk volume benda uji tiap satu kali mixing adalah sebagai berikut.

Volume per *mixing* $= (3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t) + (3 \times p \times l \times t)$

$= (3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3) + (3 \times 0,6 \times 0,15 \times 0,15)$

$= 0,0564$

20. Proporsi campuran per satu kali *mixing*

1.) Semen $= 0,0564 \times 492$ $= 27,751$ kg

2.) Air $= 0,0564 \times 246$ $= 13,876$ kg

3.) Agregat Halus $= 0,0564 \times 867,653$ $= 48,939$ kg

4.) Agregat Kasar $= 0,0564 \times 1215,55$ $= 68,562$ kg

Berat total beton normal per *mixing* $= 159,128$ kg

21. Kebutuhan serabut kelapa setiap kali *mixing*.

a. Serabut kelapa 0,2% $= 0,2\% \times 159,128$ kg $= 0,318$ kg

b. Serabut kelapa 0,3% $= 0,3\% \times 159,128$ kg $= 0,477$ kg

Perbandingan berat semen : pasir : batu pecah : air adalah sebagai berikut.

= 1: 1,764 : 2,471 : 0.500

Berikut adalah rekapitulasi proporsi campuran beton pada penelitian ini seperti pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Proporsi Campuran Beton dengan Bahan Tambah Serabut Kelapa Setiap Kali Mixing

Kode Benda Uji	Panjang serat (cm)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	Serabut Kelapa (kg)
BN	0	27,751	48,939	68,562	13,876	0
BV_2-0,2	2	27,751	48,939	68,562	13,876	0,318
BV_2-0,3	2	27,751	48,939	68,562	13,876	0,477

Lanjutan Tabel 5.15 Proporsi Campuran Beton dengan Bahan Tambah Serabut Kelapa Setiap Kali Mixing

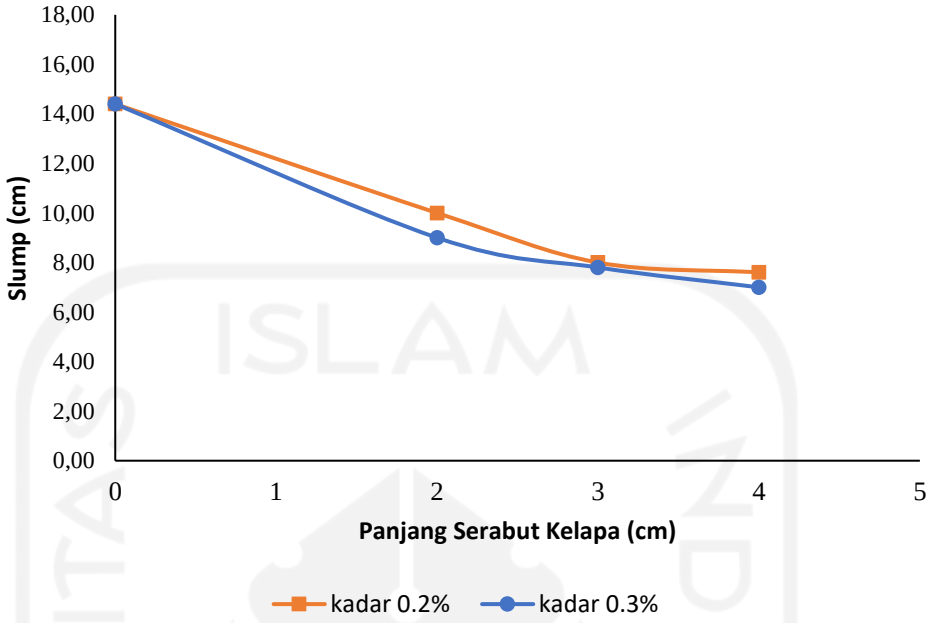
Kode Benda Uji	Panjang serat (cm)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	Serabut Kelapa (kg)
BV_3-0,2	3	27,751	48,939	68,562	13,876	0,318
BV_3-0,3	3	27,751	48,939	68,562	13,876	0,477
BV_4-0,2	4	27,751	48,939	68,562	13,876	0,318
BV_4-0,3	4	27,751	48,939	68,562	13,876	0,477

5.4 Hasil Pengujan *Slump*

Slump merupakan acuan yang digunakan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan *(workability)* pada campuran beton. Semakin besar nilai slump, maka teksturnya semakin cair, sehingga beton akan semakin mudah untuk dikerjakan, begitu juga sebaliknya. Beton yang baik adalah beton yang mudah untuk dikerjakan, tidak adanya pemisahan antara agregat dengan campuran (segregasi) dan pemisahan air dari campuran *(bleeding).* Berikut adalah hasil dari pengujian *slump* pada penelitian yang dilakukan, dapat dilihat pada Tabel 5.16

Tabel 5.16 Nilai Slump Beton Pengujian

Kode Benda Uji	Nilai *Slump* (cm)
BN	14,4
BV_2-0,2	10
BV_2-0,3	9
BV_3-0,2	8
BV_3-0,3	7,8
BV_4-0,2	7,6
BV_4-0,3	7



Gambar 5.8 Hubungan Nilai *Slump* dengan Panjang Serabut Kelapa

Berdasarkan Tabel 5.16 dan Gambar 5.8 di atas, dapat dilihat jika nilai *slump* tertinggi terdapat pada beton normal yaitu sebesar 14,4 cm. Sedangkan untuk nilai *slump* terendah terdapat pada BV_4-0,3, yaitu beton dengan variasi panjang serabut kelapa 4 cm dengan kadar 0,3% dari berat beton normal yaitu sebesar 7 cm. Nilai slump pada setiap adukan sudah memenuhi dari nilai *slump* rencana yaitu 60-180 mm.

Selain itu dapat diketahui bahwa, semakin panjang dari serabut kelapa yang digunakan pada variasi beton, maka nilai *slump*-nya akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan penyerapan air yang terjadi pada serabut kelapa cukup besar. Sehingga sangat berpengaruh pada tekstur *slump* yang semakin kental dan berpengaruh pada tingkat kemudahan pengerjaan (*workability)* yang semakin menurun, sehingga campuran juga akan lebih sulit untuk dipadatkan dibandingkan dengan beton normal.

Sesuai dengan penelitian sebelumnya (Ardiansyah, 2018) dengan variasi penambahan serabut kelapa sepanjang 3 cm, 6 cm, dan 9 cm, dan presentase serat sebanyak 0,125% dan 0,2% dari beton normal. Nilai *slump* tertingginya terdapat pada variasi beton normal, dan nilai *slump* terendahnya terdapat pada variasi

panjang 9 cm dengan kadar 0,2% dari beton normal. Penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *slump* yang semakin menurun seiring dengan penambahan panjang serabut kelapa, hal ini membuktikan bahwa semakin banyaknya kadar serabut kelapa dan semakin panjang serat yang digunakan maka serat akan semakin banyak menyerap air.

5.5 Hasil Pengujan Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan pada umur beton 28 hari, setelah beton melalui proses perawatan yaitu dengan direndam di dalam air dan diangkat 1 hari sebelum pengujian dilakukan. Dengan kuat tekan rencana (*f'cr)* sebesar 37 MPa. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan alat *compression testing machine*, dengan total sampel untuk pengujian tekan berjumlah 21 sampel berbentuk silinder. Sebelum dilakukan pengujian sampel terlebih dahulu dilakukan *capping* pada permukaan atas sampel beton dengan belerang, dengan tujuan untuk meratakan permukaan beton sehingga beban dari *compression testing machine* dapat terdistribusi dengan merata pada permukaan beton. Pengujian dilakukan hingga benda uji hancur sampai benda uji tidak dapat lagi menahan beban yang diberikan mesin uji. Berikut ini adalah contoh perhitungan kuat tekan beton setiap variasi pada sampel 1.

1. Kuat tekan beton normal (BN)

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

$$= \frac{450 \times 10^3}{18121,97}$$

$$= 24,83 \text{ MPa}$$

2. Kuat tekan beton BV_2-0,2

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

$$= \frac{445 \times 10^3}{17813,11}$$

$$= 24,98 \text{ MPa}$$

3. Kuat tekan beton BV_2-0,3

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

$$= \frac{430 \times 10^3}{17931,59}$$

$$= 23,98 \text{ MPa}$$

4. Kuat tekan beton BV_3-0,2

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

$$= \frac{575 \times 10^3}{17907,86}$$

$$= 32,11 \text{ MPa}$$

5. Kuat tekan beton BV_3-0,3

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

$$= \frac{600 \times 10^3}{17765,83}$$

$$= 33,77 \text{ MPa}$$

6. Kuat tekan beton BV_4-0,2

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

$$= \frac{490 \times 10^3}{17718,61}$$

$$= 27,65 \text{ MPa}$$

7. Kuat tekan beton BV_4-0,3

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

$$= \frac{505 \times 10^3}{18026,65}$$

$$= 28,01 \text{ MPa}$$

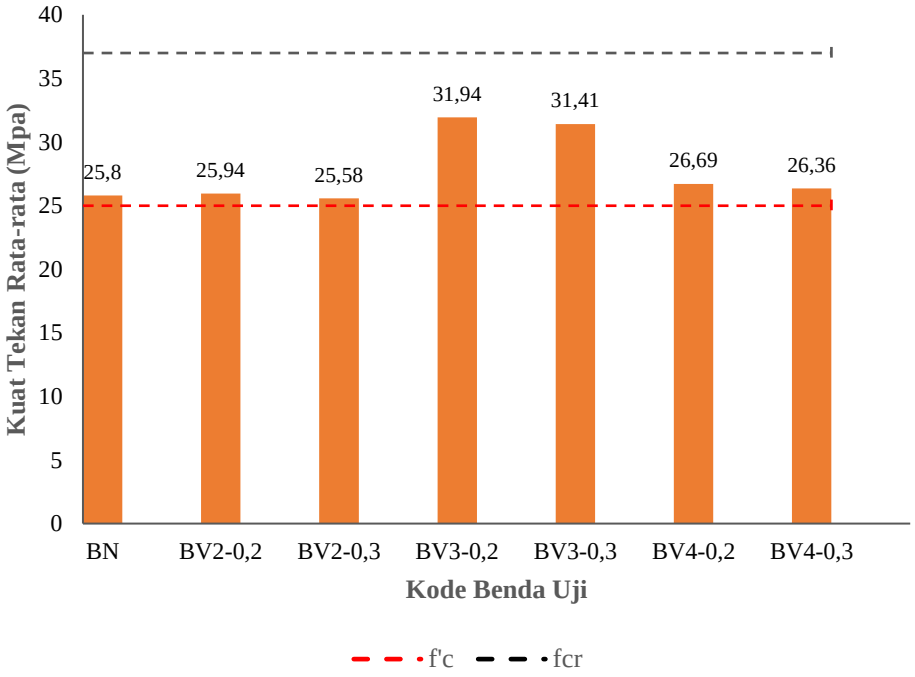
Dengan cara yang sama di atas, perlu dilakukan juga untuk menghitung nilai kuat tekan beton pada sampel dan varian yang lainnya. Berikut ini adalah

hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.17

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji		Diameter (mm)	Luas Penampang (mm^2)	Berat Beton (kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	1	151,90	18121,97	12,809	450	24,83	25,80
	2	152	18145,84	13,109	490	27	
	3	152,20	18193,62	13,201	465	25,56	
BV_2-0,2	1	150,60	17813,11	12,898	445	24,98	25,94
	2	150,2	17718,61	12,773	450	25,40	
	3	150,00	17671,46	12,975	485	27,45	
BV_2-0,3	1	151,10	17931,59	12,954	430	23,98	25,58
	2	149,2	17483,47	13,042	450	25,74	
	3	148,80	17389,85	13,073	470	27,03	
BV_3-0,2	1	151,00	17907,86	12,810	575	32.11	31,94
	2	149,2	17483,47	12,679	550	31,46	
	3	150,00	17671,46	12,509	570	32,26	
BV_3-0,3	1	150,40	17765,83	12,728	600	33,77	31,41
	2	151,6	18050,46	12,492	560	31,02	
	3	150,00	17671,46	12,686	520	29,43	
BV_4-0,2	1	150,20	17718,61	13,224	490	27,65	26,69
	2	150	17671,46	13,286	480	27,16	
	3	149,80	17624,37	12,982	445	25,25	
BV_4-0,3	1	151,50	18026,65	12,910	505	28,01	26,36
	2	150	17671,46	13,019	455	25,75	
	3	150,4	17765,83	12,901	450	25,33	

Berdasarkan Tabel 5.17 di atas dapat diperoleh grafik yang menggambarkan pengaruh penambahan serabut kelapa terhadap kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Gambar 5.9 di atas dapat diketahui bahwa sampel benda uji tekan beton dengan umur 28 hari, mengalami peningkatan dan penurunan pada hasil pengujian nilai kuat tekan betonnya, berikut ini adalah penjelasan mengenai hasil pengujian kuat tekan beton.

a. Benda uji beton normal (BN) memiliki nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 25,80 MPa. *Mix design* yang direncanakan sudah sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengujian pada beton normal yang menunjukkan nilai kuat tekan beton sebesar 25,8 MPa, dengan kuat tekan beton yang disyaratkan sebesar 25 MPa. Artinya *mix design* ini dapat digunakan sebagai acuan inovasi beton, yaitu inovasi dengan penambahan serat serabut kelapa.

b. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 2 cm dengan kadar 0,2% (BV_2-0,2) memiliki nilai kuat tekan beton rata-rata beton sebesar 25,94 MPa, atau mengalami peningkatan sebesar 3,76% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa, terdapat selisih nilai sebesar -29,89% dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 37 MPa.

c. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 2 cm dengan kadar 0,3% (BV_2-0,3) memiliki nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 25,58 MPa, atau mengalami peningkatan sebesar 2,32% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa, terdapat selisih nilai sebesar -30,86% dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 37 MPa.

d. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 3 cm dengan kadar 0,2% (BV_3-0,2) memiliki nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,94 MPa, atau mengalami peningkatan sebesar 27,76% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa, terdapat selisih nilai sebesar -13,68% dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 37 MPa.

e. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 3 cm dengan kadar 0,3% (BV_3-0,3) memiliki nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,41 MPa, atau mengalami peningkatan sebesar 25,64% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa, terdapat selisih nilai sebesar -15,11% dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 37 MPa.

f. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 4 cm dengan kadar 0,2% (BV_4-0,2) memiliki nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 26,69 MPa, atau mengalami penningkatan sebesar 6,76% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa, terdapat selisih nilai sebesar -27,86% dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 37 MPa.

g. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 4 cm dengan kadar 0,3% (BV_4-0,3) memiliki nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 26,36 MPa, atau mengalami peningkatan sebesar 5,44% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa, terdapat selisih nilai sebesar -28,76% dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 37 MPa.

Berdasarkan hasil dari pengujian kuat tekan dengan penambahan serabut kelapa, dengan variasi panjang serat yang berbeda ternyata memiliki pengaruh dalam peningkatan nilai kuat tekan pada beton, kenaikan nilai kuat tekan optimum terdapat pada beton variasi panjang 3 cm dengan kadar 0,2% (BV_3-0,2) yaitu sebesar 31,94 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 27,76% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa. Nilai kuat tekan minimum terdapat pada

beton variasi panjang 2 cm dengan kadar 0,3% (BV_2-0,3) yaitu sebesar 25,58 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 2,32% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa.



Gambar 5.10 Perbandingan Hasil Uji Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton, apabila dilihat dari perbandingan kerusakan sampel antara beton normal dibanding dengan beton penambahan serabut kelapa dengan hasil kuat tekan yang tertinggi, yaitu (BV_3-0,2). Diketahui keretakan yang terdapat pada beton dengan penambahan serabut kelapa lebih sedikit di bandingkan yang terdapat pada beton normal. Hal ini membuktikan bahwa, penambahan serabut kelapa ke dalam campuran beton terbukti mampu mencegah ataupun mengurangi terjadinya keretakan yang berlebihan, sehingga beton dengan penambahan serabut kelapa lebih daktail dibanding dengan beton normal.

Penelitian ini membuktikan bahwa, penambahan serat serabut kelapa sebanyak 0,2% dari beton normal menghasilkan nilai kuat tekan yang optimum dibanding dengan kadar 0,3%. Walaupun hasil dari penambahan kadar 0,3% kedalam campuran beton masih dibawah kadar 0,2%, nilai kuat tekan beton yang

disyaratkan yaitu sebesar 25 MPa masih dapat terpenuhi. Alhasil penambahan kadar 0,2% dan 0,3% dari berat beton normal ke dalam campuran beton dinilai tidak menyebabkan penurunan pada kuat tekan beton, karena hasil nilai kuat tekan betonnya masih di atas beton yang disyaratkan yaitu sebesar 25 MPa.

Begitu juga dengan penelitian sebelumnya,yang dilakukan (Ardiansyah, 2018). Meneliti penambahan serabut kelapa dengan kadar 0,125% dan 0,2% dari berat beton normal kedalam campuran beton, dengan hasil penelitian nilai kuat tekan beton yang optimum terdapat pada kadar 0,2% dari berat beton normal, tetapi penambahan serabut kelapa dengan kadar 0,125% dari berat beton normal ke dalam campuran beton dinilai tidak menyebabkan penurunan pada kuat tekan beton, karena hasil nilai kuat tekan betonnya masih di atas beton yang disyaratkan yaitu sebesar 25 MPa.

Penelitian ini juga semakin menguatkan peneliti sebelumnya, bahwa penambahan serabut kelapa dengan variasi panjang 3 cm dengan presentase 0,2% dari berat beton normal memiliki nilai kuat tekan yang paling optimum dibanding dengan variasi panjang dan presentase yang lainnya, dengan penjelasan seperti pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Penelitian

Perbandingan Hasil	**Adhi Sulaeman (2022)**	**Ardhiansyah (2018)**
Variasi Panjang Serat yang dipakai	2 cm, 3 cm, dan 4 cm	3 cm, 6 cm, dan 9 cm
Presentase serat yang dipakai (dari berat beton normal)	0,2% dan 0,3%	0,125% dan 0,2%
panjang serat optimum	3 cm	3 cm
Presentase serat optimum (dari berat beton normal)	0,2%	0,2%

Penggunaan kadar serat yang terlalu banyak terbukti tidak efektif terhadap beton. Penggunaan serat yang terlalu banyak maka dapat mengurangi tingkat kelecakan beton secara drastis. Beton juga akan semakin sulit untuk dipadatkan

dan terdapat banyak rongga udara yang terjebak didalam beton. Selain itu semakin banyak serat yang digunakan akan mengakibatkan serat saling berkaitan membentuk bola berongga yang tentunya dapat mengurangi kekuatan pada beton (Nugraha & Antoni, 2007).

5.6 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur beton pada penelitian ini dilakukan pada umur beton 28 hari, setelah beton melalui proses perawatan yaitu dengan direndam di dalam air dan diangkat 1 hari sebelum pengujian dilakukan. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan alat UTM (*universal testing machine)* dengan total sampel untuk pengujian kuat lentur berjumlah 21 sampel berbentuk balok berukuran 60×15×15 cm. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan sistem pembebanan 2 titik untuk mendapatkan beban maksimum. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, pola keretakan yang terletak di daerah pusat (1/3 jarak perletakan), sehingga rumus yang digunakan adalah seperti pada persamaan 3.17. Berikut ini adalah contoh perhitungan kuat lentur beton setiap variasi pada sampel 1.

1. Kuat lentur beton normal (BN)

$$flt = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

$$= \frac{26487 \times 450}{150 \times 150^2}$$

= 3,532 MPa.

2. Kuat lentur BV_2-0,2

$$flt = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

$$= \frac{28547{,}1 \times 450}{147 \times 150^2}$$

= 3,884 MPa.

3. Kuat lentur BV_2-0,3

$$flt = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

$$= \frac{24574{,}1 \times 450}{147 \times 149^2}$$

= 3,388 MPa.

4. Kuat lentur BV_3-0,2

$$flt = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

$$= \frac{29626,2 \times 450}{150 \times 150^2}$$

= 3,950 MPa.

5. Kuat lentur BV_3-0,3

$$flt = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

$$= \frac{28645,2 \times 450}{149,5 \times 150^2}$$

= 3,832 MPa.

6. Kuat lentur BV_4-0,2

$$flt = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

$$= \frac{28939,5 \times 450}{146 \times 150^2}$$

= 3,964 MPa.

7. Kuat lentur BV_4-0,3

$$flt = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

$$= \frac{31392 \times 450}{150 \times 150^2}$$

= 4,186 MPa.

Dengan cara yang sama di atas, perlu dilakukan juga untuk menghitung nilai kuat lentur beton pada sampel dan varian yang lainnya. Berikut ini adalah hasil pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 5.19

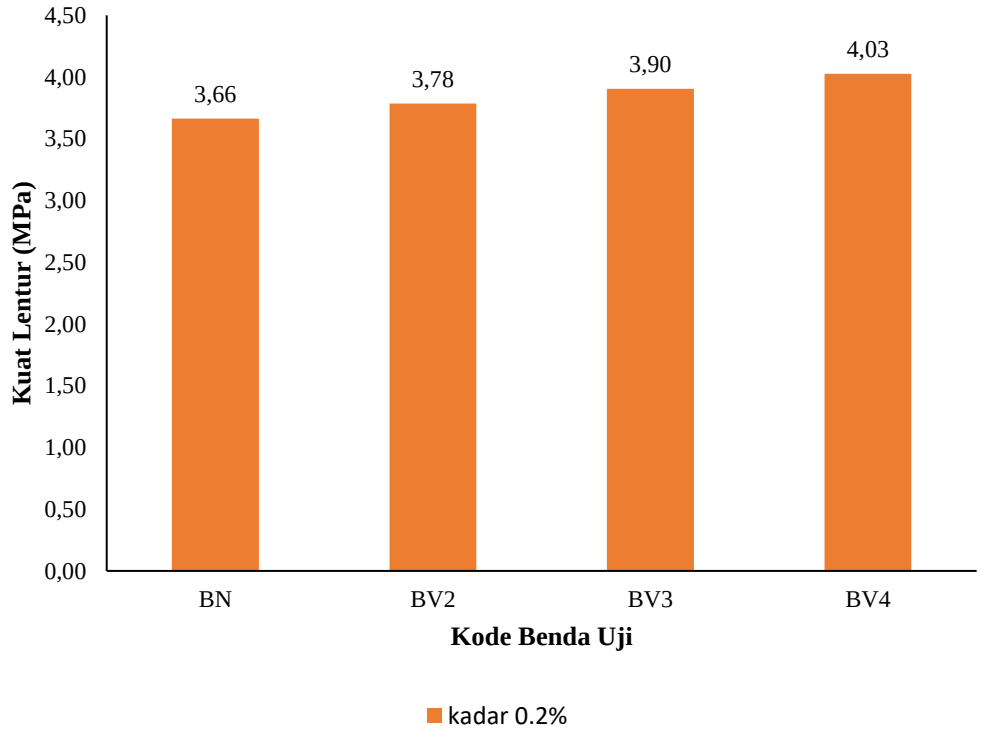
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode Benda Uji	Nilai Kuat Lentur				Peningkatan	Presentase Peningkatan
	1	2	3	Rata-rata		
BN	3,532	3,722	3,735	3,663	0	0,00%
BV_2-0,2	3,884	3,597	3,871	3,784	0,121	3,31%

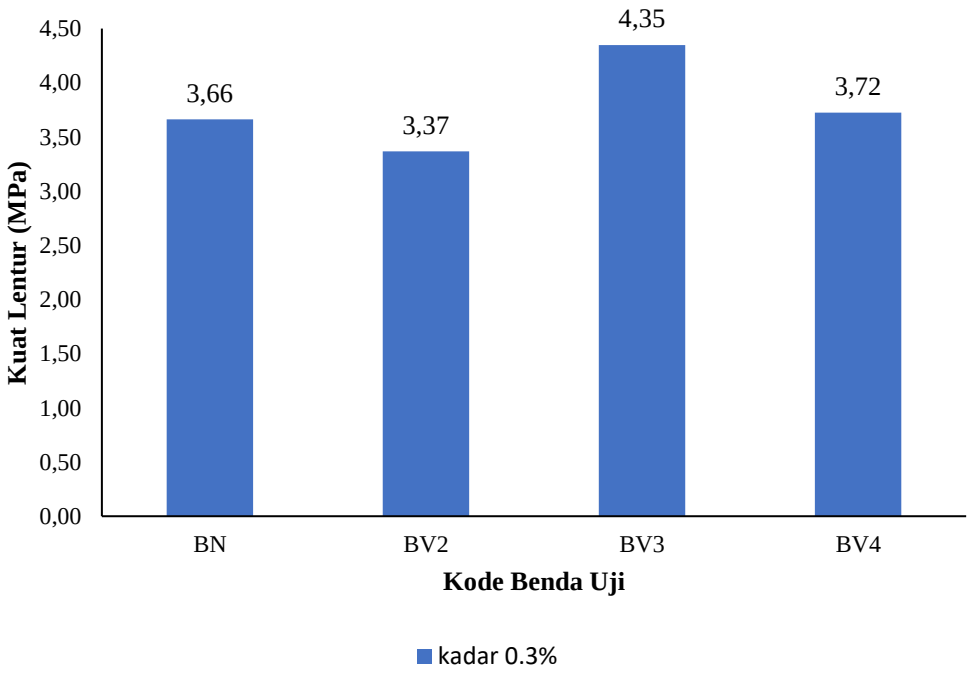
Lanjutan Tabel 5.19 Hasil Uji Kuat Lentur

Kode Benda Uji	Nilai Kuat Lentur				Peningkatan	Persentase Peningkatan
	1	2	3	Rata-rata		
BV_2-0,3	3,388	3,401	3,31	3,366	-0,296	-8,09%
BV_3-0,2	3,95	3,911	3,852	3,904	0,241	6,59%
BV_3-0,3	3,832	4,543	4,667	4,348	0,685	18,70%
BV_4-0,2	3,964	3,713	4,401	4,026	0,364	9,93%
BV_4-0,3	4,186	3,168	3,818	3,724	0,061	1,67%

Berdasarkan Tabel 5.19 di atas dapat diperoleh grafik yang menggambarkan pengaruh penambahan serabut kelapa terhadap kuat lentur beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.11 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Kadar 0,2%



Gambar 5.12 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Kadar 0,3%

Berdasarkan Gambar 5.11 dan Gambar 5.12 di atas dapat diketahui bahwa sampel benda uji beton dengan umur 28 hari, mengalami peningkatan dan penurunan pada hasil pengujian nilai kuat lentur betonnya, berikut ini adalah penjelasan mengenai hasil pengujian kuat lentur beton.

a. Benda uji beton normal (BN) memliki nilai kuat tekan lentur rata-rata sebesar 3,663 MPa.
b. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 2 cm dengan kadar 0,2% (BV_2-0,2) memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 3,784 MPa, atau mengalami kenaikan sebesar 3,31% dari kuat lentur beton normal.
c. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 2 cm dengan kadar 0,3% (BV_2-0,3) memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 3,366 MPa, atau mengalami penurunan sebesar -8,09% dari kuat lentur beton normal.
d. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 3 cm dengan kadar 0,2% (BV_3-0,2) memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 3,904 MPa,

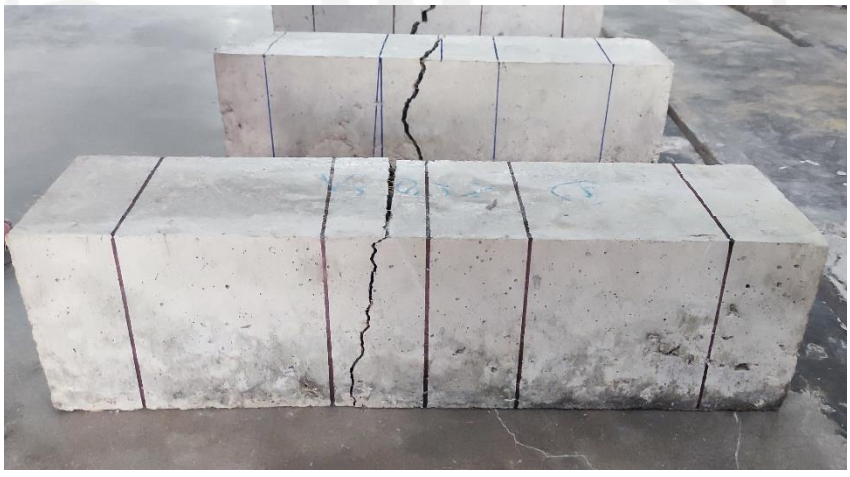
atau mengalami kenaikan sebesar 6,59% dari kuat lentur beton normal.

e. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 3 cm dengan kadar 0,3% (BV_3-0,3) memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 4,348 MPa, atau mengalami kenaikan sebesar 18,70% dari kuat lentur beton normal.

f. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 4 cm dengan kadar 0,2% (BV_4-0,2) memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 4,026 MPa, atau mengalami kenaikan sebesar 9,93% dari kuat lentur beton normal.

g. Benda uji beton dengan variasi panjang serat 4 cm dengan kadar 0,3% (BV_4-0,3) memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 3,724 MPa, atau mengalami kenaikan sebesar 1,67% dari kuat lentur beton normal.

Berdasarkan hasil dari pengujian kuat lentur dengan penambahan serabut kelapa, dengan variasi panjang serat yang berbeda ternyata memiliki pengaruh dalam peningkatan nilai kuat lentur pada beton, kenaikan nilai kuat lentur optimum terdapat pada beton variasi panjang 3 cm dengan kadar 0,3% (BV_3-0,3) yaitu sebesar 4,348 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 18,70% dari hasil kuat lentur beton normal. Nilai kuat lentur minimum terdapat pada beton variasi panjang 2 cm dengan kadar 0,3% (BV_2-0,3) yaitu sebesar 3,366 MPa atau mengalami penurunan sebesar -8,09% dari kuat lentur pada beton normal.



Gambar 5.13 Sampel Setelah Diuji Kuat Lentur

Berdasarkan hasil pengujian lentur yang telah dilakukan, dapat dilihat adanya peningkatan pada hasil nilai kuat lentur dengan penambahan serabut

kelapa, jika dibanding dengan beton tanpa penambahan serat (beton normal). Terdapat peningkatan nilai kuat lentur terutama pada beton dengan kadar 0,2% dari berat beton normal, yang mengalami peningkatan secara konsisten.

Dari hasil nilai kuat lentur dan nilai kuat tekan dapat diketahui korelasi antara keduanya, yaitu dengan menggunakan perhitungan korelasi seperti pada Tabel 5.12. Berikut adalah contoh perhitungan nilai korelasi antara kuat lentur dengan kuat tekan pada salah satu sampel yaitu beton normal (BN).

Kuat tekan *(f'c)* = 25,8 MPa.

Kuat lentur *(fr)* = 3,663 MPa.

$\sqrt{f'c}$ $= \sqrt{25,8}$

$= 5,08$

$fr = K\sqrt{f'c}$

$K = \frac{fr}{\sqrt{f'c}}$

$= \frac{3,663}{5,08}$

$= 0,72$

Tabel 5.20 Korelasi Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	$\sqrt{f'c}$	$K\sqrt{f'c}$	Korelasi
BN	3,663	25,8	5,08	0,72	$0,72\sqrt{f'c}$
BV_2-0,2	3,784	25,94	5,09	0,74	$0,74\sqrt{f'c}$
BV_2-0,3	3,366	25,58	5,06	0,67	$0,67\sqrt{f'c}$
BV_3-0,2	3,904	31,94	5,65	0,69	$0,69\sqrt{f'c}$
BV_3-0,3	4,348	31,41	5,60	0,78	$0,78\sqrt{f'c}$
BV_4-0,2	4,026	26,69	5,17	0,78	$0,78\sqrt{f'c}$
BV_4-0,3	3,724	26,36	5,13	0,73	$0,73\sqrt{f'c}$

Berdasarkan Tabel 5.18 di atas, dapat diketahui korelasi kuat lentur beton

terhadap kuat tekan beton dari penelitian ini. Nilai korelasi yang didapat adalah sebagai berikut.

$$\boxed{0,67\sqrt{f'c} < f'r < 0,78\sqrt{f'c}}$$

Menurut (SNI 2847:2019), nilai minimal $K\sqrt{f'c}$ adalah sebesar $0,62\sqrt{f'c}$ untuk beton normal. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan nilai korelasi pada beton normal sebesar $0,72\sqrt{f'c}$, dan didapatkan nilai korelasi pada beton dengan penambahan serat dengan variasi BV_2-0,2, BV_2-0,3, BV_3-0,2, BV_3-0,3, BV_4-0,2, BV_4-0,3 berturut turut sebesar $0,74\sqrt{f'c}$, $0,67\sqrt{f'c}$, $0,69\sqrt{f'c}$, $0,78\sqrt{f'c}$, $0,78\sqrt{f'c}$, $0,73\sqrt{f'c}$. Berdasarkan hasil dari korelasi pada beton dengan penambahan serabut kelapa pada penelitian yang dilakuakan, diketahui nilai yang paling mendekati dengan korelasi SNI 2847:2019 adalah variasi BV_2-0,3 yaitu sebesar $0,67\sqrt{f'c}$, tetapi nilainya masih di atas dari batas minimal korelasi pada SNI 2847:2019 yaitu sebesar $0,62\sqrt{f'c}$.

Adapun hasil dari penelitian terdahulu mengenai korelasi kuat lentur terhadap kuat tekan beton, oleh Pane dkk (2015). Yang menguji kuat tekan dan kuat lentur pada beton normal, dengan hasil nilai korelasi yang didapat sebesar $0,81\sqrt{f'c} < f'r < 0,83\sqrt{f'c}$. Dari hasil yang didapatkan, jika dibanding dengan penelitian yang dilakukan terdapat perbedaan nilai korelasi yang didapat. Hal ini disebabkan oleh berbagai macam faktor seperti perbedaan pada jenis sampel, agregat yang dipakai, cara pelaksanaan dan perawatan beton, dan faktor lainnya.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari penelitian yang dilakukan diketahui bahwa, penambahan serabut kelapa kedalam campuran beton dengan variasi panjang dan presentase tertentu ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton. Nilai kuat tekan yang disyaratkan sebesar 25 MPa sudah dapat terpenuhi.
2. Presentase penambahan serabut kelapa optimum yang dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton adalah sebagai berikut.
   a. Pada pengujian kuat tekan beton, variasi serabut kelapa dengan presentase 0,2% dari beton normal memiliki nilai kuat tekan yang lebih optimum dibanding dengan presentase 0,3% dari beton normal.
   b. Pada pengujian kuat lentur beton, variasi serabut kelapa dengan presentase 0,3% dari beton normal memiliki nilai kuat lentur yang lebih optimum dibanding dengan presentase 0,2% dari beton normal.
3. Panjang serabut kelapa yang optimal yang dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton adalah serabut kelapa dengan panjang 3 cm, dibanding serabut kelapa dengan panjang 2 cm dan 4 cm.
4. Hasil dari pengujian pengaruh pemanfaatan campuran serabut kelapa terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada beton adalah sebagai berikut.
   a. Penambahan campuran serabut kelapa dengan panjang serat 3 cm dengan presentase 0,2% dari beton normal (BV_3-0,2) merupakan titik puncak tertinggi, dengan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,94 MPa, atau mengalami kenaikan sebesar 27,76% dari kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa.
   b. Penambahan campuran serabut kelapa dengan panjang serat 3 cm

dengan presentase 0,3% dari beton normal (BV_3-0,3) merupakan titik puncak tertinggi, dengan nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 4,348 MPa, atau mengalami kenaikan sebesar 18,70% dari kuat lentur beton normal.

1.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk pengembangan penelitian berikutnya tentang pengaruh pemanfaatan campuran serabut kelapa terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada beton antara lain sebagai berikut.

1. Pada saat pembuatan beton hendaknya harus lebih teliti dan lebih cermat lagi agar diperoleh sampel yang baik, terutama perlu diperhatikan lagi pada proses pengadukan dan pemadatan beton segar. Karena apabila proses pemadatan kurang baik, maka sampel dapat menjadi mudah keropos dan terdapat rongga-rongga, hal tersebut tentunya sangat mempengaruhi hasil pengujian benda uji.
2. Untuk penelitian berikutnya hendaknya rentang variabelnya dipersempit diangka 3 cm, tetapi dengan interval yang lebih kecil, misalnya interval 0,25 cm, dimulai dari 2,75 cm.
3. Untuk penelitian berikutnya hendaknya menyertakan pengujian modulus elastisitas pada saat pengujian kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

Apriliana, A., Trinovia, A. N., Adawiah, D., Prasetyo, D. B., Muslich, Agil, M., & Nawalussalam, M. (2020). *Penggunaan Serat Ijuk Dan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Pada Pembuatan Beton*.

Ardiansyah, M. D. (2018). *Pengaruh Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Beton*. Universitas Islam Indonesia.

Badan Standarisasi Nasional. (1990). *(03-1968-1990) Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (1990). *(03-1969-1990) Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (1990). *(03-1972-1990) Metode Pengujian Slump Beton*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (1990). *(SNI 03-1974-1990) Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (1996). *(SNI 03-4142-1996) Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,0075 mm)*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (1997). *(SNI 03-4431-1997) Metode Pengujian Kuat Lentur Beton.* Jakarta

Badan Standarisasi Nasional. (1998). *(SNI 03-4804-1998) Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2000). *(SNI 03-2834-2000) Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2000). *(*SNI 15-2049-2000) *Semen Portland.* Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (2019). *(SNI 2847 – 2019) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.* Jakarta.

Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.

Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta

Pane, F.P., H. Tanudjaja, dan R. S. Windah. (2015). *Pengujian Kuat Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.

PBI. (1971). *Peratutan Beton Bertulang Indonesia*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Jakarta.

Prahara, E., Liong, G. T., & Rachmansyah. (2015). *Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Pesentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi*.

Purwanto, Rahmawati, D., & Sutarno. (2021). *Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton*.

Suhardiyono. (1988). *Tanaman Kelapa, Budidaya dan Pemanfaatannya, Penerbit Kanisius*.

Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Tri Wahyudi, Bambang Edison dan Anton Ariyanto. (2014) *Penggunaan Ijuk Dan Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-100*. Universitas Pasir Pengairan. Riau.

Universitas Islam Indonesia. (2016). *Buku Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi*. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunan Laboratorium

Nomor : 72/Ka. Prodi/20/PSTS/III/2022
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Teknik Sipil UII

Kepada Yth:
Koordinator Laboratorium
Jurusan Teknik Sipil FTSP
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	**Adhi Sulaeman**
NIM	:	**18511205**
Program Studi	:	**Teknik Sipil**
Dosen pembimbing TA	:	**Malik Musthofa, S.T., M.Eng.**
Judul Tugas Akhir	:	**Analisis Pengaruh Pemanfaatan Campuran Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton**

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan permohonan untuk meminjam peralatan beserta fasilitas Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 14 Maret 2022

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Aprilni Yuni Astuti, M.T.

Pemohon

Adhi Sulaeman
NIM: 18511205

Menyetujui	Menyetujui	Menyetujui
Koordinator Laboratorium	Dosen Pembimbing Tugas Akhir	Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT)
Ir. Bambang Sulistiono, MSCE	Malik Musthofa, S.T., M.Eng.	Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Catatan:
Kepala laboratorium Bahan Konstruksi Teknik menyetujui permohonan mahasiswa untuk melakukan pengujian dalam rangka penyelesaian tugas akhir pada:
1. Properties Material dan atau pembuatan sampel pada tanggal 21 Maret – 21 April 2022
2. Pengujian Sampel pada tanggal 21 Mei – 21 Juni 2022

Lampiran 2 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpsdu : jalan kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 898471,898472 Yogyakarta

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 32 /Ka.Lab/60/LBKT/IV/2022

Bismillahirrohmaanirrohim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama	: Novi Rahmayanti, ST, M.Eng
NIK	: 155111306
Jabatan Struktural	: Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Tenik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	: ADHI SULAEMAN
N I M	: 18511205
Program Studi	: Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA	: Malik Mustofa, ST, M.Eng
Instansi	: Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir "**PENGARUH PEMANFAATAN CAMPURAN SERABUT TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA BETON**" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya *).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 12 April 2022

Administrasi Laboratorium

Daru Salam, AMd

Kepala Laboratorium BKT,

LABORA
BAHAN KONST
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

Novi Rahmayanti, ST, M.Eng

*) Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Agregat

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS (SNI 03-1970-1990)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	490	489	490
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1018	1010	1014
Berat piknometer berisi air, gram (B)	707	706	706.5
Berat jenis curah (Bk/(B+500-Bt))	2,593	2,495	2,544
Berat jenis jenuh kering muka (500/(B+500-Bt))	2,646	2,551	2,599
Berat jenis semu, (Bk/(B+Bk-Bt))	2,737	2,643	2,69
Penyerapan air, ((500-Bk)/(Bk x 100))	2,041%	2,249%	2,145%

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
SAMPEL 1
(SNI 03-1968-1990)

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
40,00				
20,00				
10,00				
4,80	11	0.5489	0.5489	99.4511
2,40	84	4.1916	4.7405	95.2595
1,20	227	11.3273	16.0679	83.9321
0,60	532	26.5469	42.6148	57.3852
0,30	589	29.3912	72.0060	27.9940
0,15	462	23.0539	95.0599	4.9401
Sisa	99	4.9401	100	0
Jumlah	2004	100	231.038	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{231,038}{100} = 2,310\%$$

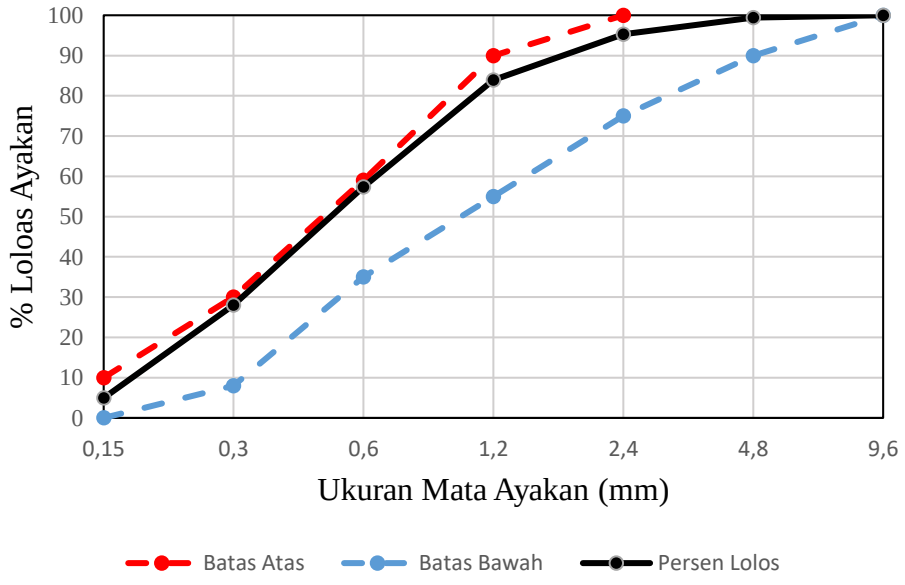
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS SAMPEL 1
(SNI 03-1968-1990)

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : II
- Jenis pasir : Agak Kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
SAMPEL 2
(SNI 03-1968-1990)

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
40,00				
20,00				
10,00				
4,80	9	0.4496	0.4496	99.5504
2,40	73	3.6464	4.0959	95.9041
1,20	205	10.2398	14.3357	85.6643
0,60	545	27.2228	41.5584	58.4416
0,30	598	29.8701	71.4286	28.5714
0,15	481	24.0260	95.4545	4.5455
Sisa	91	4.5455	100	0
Jumlah	2002	100	227.323	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{227,323}{100} = 2,273\%$$

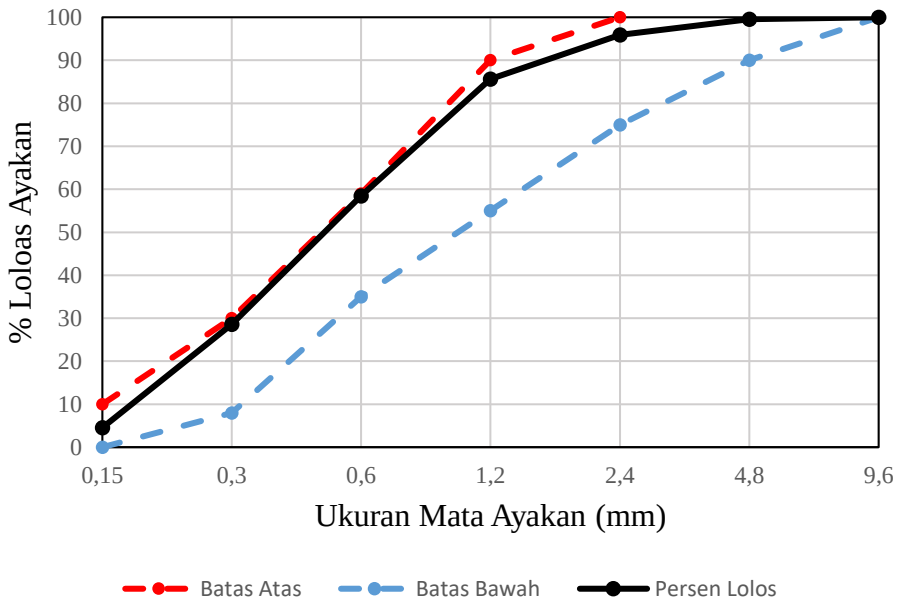
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS SAMPEL 2
(SNI 03-1968-1990)

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : II
- Jenis pasir : Agak Kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa oleh	Dikerjakan oleh
Laboran	Mahasiswa
(Darussalam, A.Md.)	(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS (SNI 03-4804-1998)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,92	14,92	14,92
Tinggi silinder (t), cm	29,8	29,8	29,8
Berat tabung (W1), gram	11403	11066	11234.5
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18344	17929	18136.5
Berat agregat (W3), gram	6941	6863	6902
Volume tabung (V), gram	5210,073	5210,073	5210,073
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm3	1,332	1,317	1,325

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa



(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,92	14,92	14,92
Tinggi silinder (t), cm	29,8	29,8	29,8
Berat tabung (W1), gram	11403	11066	11234.5
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	19415	19369	19392
Berat agregat (W3), gram	8012	8303	8157.5
Volume tabung (V), gram	5210,073	5210,073	5210,073
Berat volume padat (W3/V), gram/cm3	1,538	1,594	1,566

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa



(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO.200 /UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR (SNI 03-4142-1996)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	496	496	496
Presentase yang lolos ayakan No. 200 [(W1-W2/W1]x100	0,8%	0,8%	0,8%

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeaman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR (SNI 03-1969-1990)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4953	4954	4953,5
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3094	3092	3093
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	2,599	2,596	2,598
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	2,623	2,621	2,622
Berat jenis semu, (Bk/(Bk-Ba))	2,662	2,661	2,662
Penyerapan air, ((Bj-Bk)/(Bk x 100))	0,949%	0,929%	0,939%

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM SAMPEL 1 (SNI 03-1968-1990)

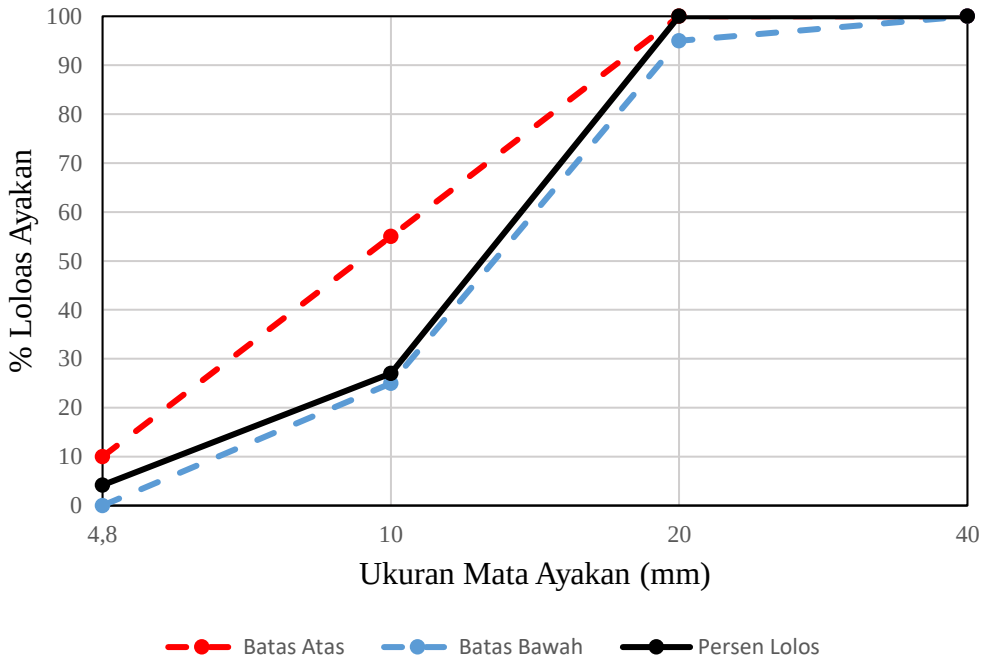
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3650	73.015	73.015	26.985
4,8	1140	22.805	95.819	4.181
2,4	102	2.040	97.860	2.140
1,2	0	0	97.860	2.140
0,6	0	0	97.860	2.140
0,3	0	0	97.860	2.140
0,15	0	0	97.860	2.140
Pan	107	2.140	100	0
Jumlah	4999	100	658.132	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{658{,}132}{100} = 6{,}581\%$$

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM
SAMPEL 1
(SNI 03-1968-1990)

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM



Diperiksa oleh	Dikerjakan oleh
Laboran	Mahasiswa
(Darussalam, A.Md.)	(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
UKURAN 20 MM
SAMPEL 2
(SNI 03-1968-1990)

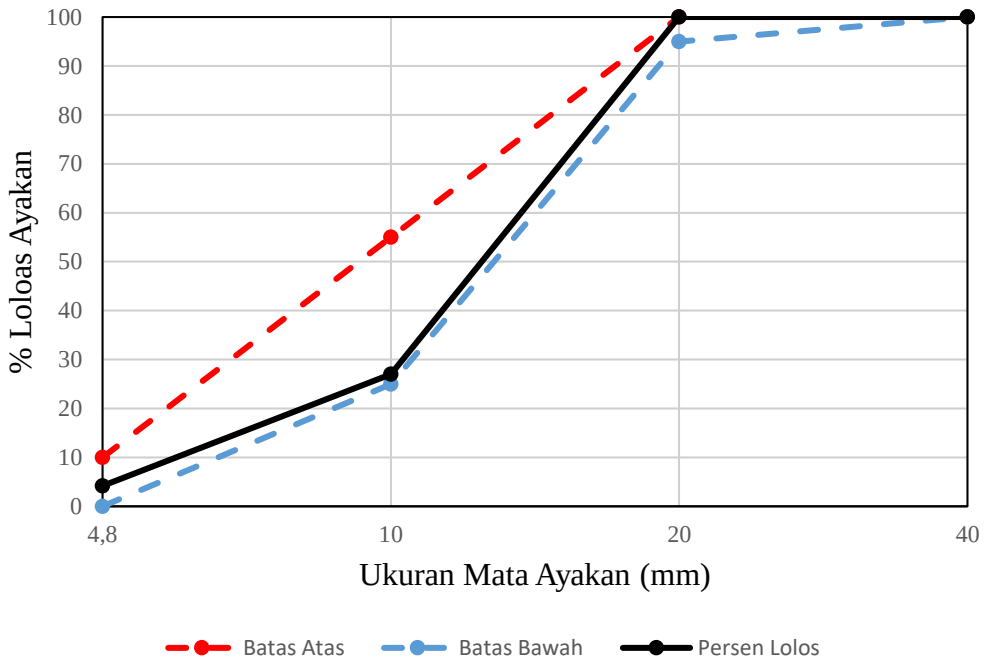
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	13	0.26	0.260	99.740
10	3693	73.86	74.120	25.880
4,8	1079	21.58	95.700	4.300
2,4	125	2.5	98.200	1.800
1,2	0	0	98.200	1.800
0,6	0	0	98.200	1.800
0,3	0	0	98.200	1.800
0,15	0	0	98.200	1.800
Pan	90	1.8	100	0
Jumlah	5000	100	661.080	

Modulus Halus Butir $= \frac{661,080}{100} = 6,610\%$

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM
SAMPEL 2
(SNI 03-1968-1990)

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM



Diperiksa oleh	Dikerjakan oleh
Laboran	Mahasiswa
(Darussalam, A.Md.)	(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,98	14,98	14,98
Tinggi silinder (t), cm	30,03	30,03	30,03
Berat tabung (W1), gram	10920	10920	10920
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	17726	17979	17852.5
Berat agregat (W3), gram	6806	7059	6932,5
Volume tabung (V), gram	5292,597	5292,597	5292,597
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm3	1,286	1,3334	1,310

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa



(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,98	14,98	14,98
Tinggi silinder (t), cm	30,03	30,03	30,03
Berat tabung (W1), gram	10920	10920	10920
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18434	18647	18540,5
Berat agregat (W3), gram	7514	7727	7620,5
Volume tabung (V), gram	5292,597	5292,597	5292,597
Berat volume padat (W3/V), gram/cm3	1,420	1,460	1,440

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa



(Adhi Sulaeman)

Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Perencanaan Campuran Beton

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

Formulir Perencanaan Campuran Beton (SNI 2834-2000)			
No	**Uraian**	**Nilai**	**Satuan**
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	MPa
2	Standar Deviasi	7	MPa
3	Nilai Tambah / Margin (M)	12	MPa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	MPa
5	Jenis Semen	Tipe I	
6	Jenis Agregat Kasar	Batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Alami	
7	Faktor air semen bebas (fas)	0.5	
	Faktor air semen maksimum	0.6	
8	FAS digunakan	0.5	
9	Slump	60-180	mm
10	Ukuran agregat maksimum	20	mm
11	Kadar air bebas	205	kg/m3
12	Kadar semen minimum	275	kg/m3
	Kadar semen maksmum	-	kg/m3
13	Kadar semen digunakan	410	kg/m3
14	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi 2	
15	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2.622	
	Berat jenis agregat halus (SSD)	2.599	
16	Persen Agregat Halus	41.65%	%
17	Persen Agregat Kasar	58.35%	%
18	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2.612	
19	Berat isi Beton	2351	kg/m3
20	Kadar agregat gabungan	1736	kg/m3
21	Kadar agregat halus	723,04	kg/m3
22	Kadar agregat kasar	1013	kg/m3
23	Kadar semen dengan angka penyususstan	492.	kg/m3
24	Kadar air dengan angka penyusutan	246	kg/m3
25	Kadar agregat halus dengan angka penyususstan	867,653	kg/m3
26	Kadar agregat kasar dengan angka penyusutan	1215,55	kg/m3

Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI TEKAN SILINDER BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-4804-1998)

Kode Benda Uji		Diameter (mm)	Luas Penampang (mm^2)	Berat Beton (kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	1	151,90	18121,97	12,809	450	24,83	25,80
	2	152	18145,84	13,109	490	27	
	3	152,20	18193,62	13,201	465	25,56	
BV_2-0,2	1	150,60	17813,11	12,898	445	24,98	25,94
	2	150,2	17718,61	12,773	450	25,40	
	3	150,00	17671,46	12,975	485	27,45	
BV_2-0,3	1	151,10	17931,59	12,954	430	23,98	25,58
	2	149,2	17483,47	13,042	450	25,74	
	3	148,80	17389,85	13,073	470	27,03	
BV_3-0,2	1	151,00	17907,86	12,810	575	32.11	31,94
	2	149,2	17483,47	12,679	550	31,46	
	3	150,00	17671,46	12,509	570	32,26	
BV_3-0,3	1	150,40	17765,83	12,728	600	33,77	31,41
	2	151,6	18050,46	12,492	560	31,02	
	3	150,00	17671,46	12,686	520	29,43	
BV_4-0,2	1	150,20	17718,61	13,224	490	27,65	26,69
	2	150	17671,46	13,286	480	27,16	
	3	149,80	17624,37	12,982	445	25,25	
BV_4-0,3	1	151,50	18026,65	12,910	505	28,01	26,36
	2	150	17671,46	13,019	455	25,75	
	3	150,4	17765,83	12,901	450	25,33	

Diperiksa oleh
Laboran

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI LENTUR BALOK BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-4431-1997)

Kode Benda Uji : BN

No.	Uraian	Hasil Pengujian		
		1	2	3
1	Lebar Benda Uji (mm)	150	148	148
2	Tinggi Benda Uji (mm)	150	149	149
3	Panjang Benda Uji (mm)	598	596	597,5
4	Berat Benda Uji (kg)	32,6	32,65	33,10
5	Berat Volume (kg/m^3)	2422,89	2484,21	2512,13
6	Panjang Bentang (mm)	450	450	450
7	Jarak Tumpuan P1 ke Tumpuan 1 (mm)	226	280	240
8	Jarak Tumpuan P2 ke Tumpuan 2 (mm)	210	179	215
9	Beban Maksimum (kgf)	2700	2770	2780
10	Beban Maksimum (N)	26487	27173,7	27271,8
11	Kuat Lentur (MPa)	3,532	3,722	3,735
12	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)	3,663		

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI LENTUR BALOK BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-4431-1997)

Kode Benda Uji : BV_2-0,2

No.	Uraian	Hasil Pengujian		
		1	2	3
1	Lebar Benda Uji (mm)	147	150	148
2	Tinggi Benda Uji (mm)	150	150	150
3	Panjang Benda Uji (mm)	598	600	598
4	Berat Benda Uji (kg)	32,0	32,20	32,40
5	Berat Volume (kg/m^3)	2426,84	2385,19	2440,57
6	Panjang Bentang (mm)	450	450	450
7	Jarak Tumpuan P1 ke Tumpuan 1 (mm)	244	182,5	293
8	Jarak Tumpuan P2 ke Tumpuan 2 (mm)	212	266,5	160
9	Beban Maksimum (kgf)	2910	2750	2920
10	Beban Maksimum (N)	28547,1	26977,5	28645,2
11	Kuat Lentur (MPa)	3,884	3,597	3,871
12	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)	3,784		

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI LENTUR BALOK BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-4431-1997)

Kode Benda Uji : BV_2-0,3

No.	Uraian	Hasil Pengujian		
		1	2	3
1	Lebar Benda Uji (mm)	147	150	147
2	Tinggi Benda Uji (mm)	149	150	150
3	Panjang Benda Uji (mm)	600	600	600
4	Berat Benda Uji (kg)	32,25	32,20	32,00
5	Berat Volume (kg/m^3)	2454,00	2385,19	2418,75
6	Panjang Bentang (mm)	450	450	450
7	Jarak Tumpuan P1 ke Tumpuan 1 (mm)	235	239	253,5
8	Jarak Tumpuan P2 ke Tumpuan 2 (mm)	219	215	202,5
9	Beban Maksimum (kgf)	2505	2600	2480
10	Beban Maksimum (N)	24574,1	25506	24328,8
11	Kuat Lentur (MPa)	3,388	3,401	3,310
12	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)	3,366		

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI LENTUR BALOK BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-4431-1997)

Kode Benda Uji : BV_3-0,2

No.	Uraian	Hasil Pengujian		
		1	2	3
1	Lebar Benda Uji (mm)	150	149	150
2	Tinggi Benda Uji (mm)	150	150	149,5
3	Panjang Benda Uji (mm)	599,5	600	600
4	Berat Benda Uji (kg)	33,40	33,25	33,20
5	Berat Volume (kg/m^3)	2476,14	2479,49	2467,48
6	Panjang Bentang (mm)	450	450	450
7	Jarak Tumpuan P1 ke Tumpuan 1 (mm)	220,5	264	191
8	Jarak Tumpuan P2 ke Tumpuan 2 (mm)	234,5	191,5	262
9	Beban Maksimum (kgf)	3020	2970	2925
10	Beban Maksimum (N)	29626,2	29135,7	28694,3
11	Kuat Lentur (MPa)	3,950	3,911	3,852
12	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)	3,904		

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI LENTUR BALOK BETON UMUR 28 HARI (SNI 03-4431-1997)

Kode Benda Uji : BV_3-0,3

No.	Uraian	Hasil Pengujian		
		1	2	3
1	Lebar Benda Uji (mm)	149,5	150	150,5
2	Tinggi Benda Uji (mm)	150	151	150
3	Panjang Benda Uji (mm)	600	598	598,5
4	Berat Benda Uji (kg)	33,40	32.90	33,30
5	Berat Volume (kg/m^3)	2482,35	2428,99	2464,63
6	Panjang Bentang (mm)	450	450	450
7	Jarak Tumpuan P1 ke Tumpuan 1 (mm)	223,5	234	257
8	Jarak Tumpuan P2 ke Tumpuan 2 (mm)	237,5	222	199
9	Beban Maksimum (kgf)	2920	3520	3580
10	Beban Maksimum (N)	28645,2	34531,2	35119,8
11	Kuat Lentur (MPa)	3,832	4,543	4,667
12	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)	4,348		

Diperiksa oleh
Laboran

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI LENTUR BALOK BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-4431-1997)

Kode Benda Uji : BV_4-0,2

No.	Uraian	Hasil Pengujian		
		1	2	3
1	Lebar Benda Uji (mm)	146	149	148
2	Tinggi Benda Uji (mm)	150	150	150
3	Panjang Benda Uji (mm)	600	597	598
4	Berat Benda Uji (kg)	33,30	33.30	33,40
5	Berat Volume (kg/m^3)	2534,25	2495,7	2515,9
6	Panjang Bentang (mm)	450	450	450
7	Jarak Tumpuan P1 ke Tumpuan 1 (mm)	175	202,5	235
8	Jarak Tumpuan P2 ke Tumpuan 2 (mm)	282,5	252	215
9	Beban Maksimum (kgf)	2950	2820	3320
10	Beban Maksimum (N)	28939,5	27664,2	32569,2
11	Kuat Lentur (MPa)	3,964	3,713	4,401
12	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)	4,026		

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI LENTUR BALOK BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-4431-1997)

Kode Benda Uji : BV_4-0,3

No.	Uraian	Hasil Pengujian		
		1	2	3
1	Lebar Benda Uji (mm)	150	150	150
2	Tinggi Benda Uji (mm)	150	149	149
3	Panjang Benda Uji (mm)	600	599	599
4	Berat Benda Uji (kg)	32,50	32.65	32,00
5	Berat Volume (kg/m^3)	2407,4	2438,8	2390,3
6	Panjang Bentang (mm)	450	450	450
7	Jarak Tumpuan P1 ke Tumpuan 1 (mm)	190	259	278
8	Jarak Tumpuan P2 ke Tumpuan 2 (mm)	259	195	253
9	Beban Maksimum (kgf)	3200	2390	2880
10	Beban Maksimum (N)	31392	23445,9	28252,8
11	Kuat Lentur (MPa)	4,186	3,168	3,818
12	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)	3,724		

Diperiksa oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh
Mahasiswa

(Adhi Sulaeman)

Lampiran 7 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-7.1 Pembuatan Beton Segar



Gambar L-7.2 Beton Segar



Gambar L-7.3 Pengujian *Slump* Beton



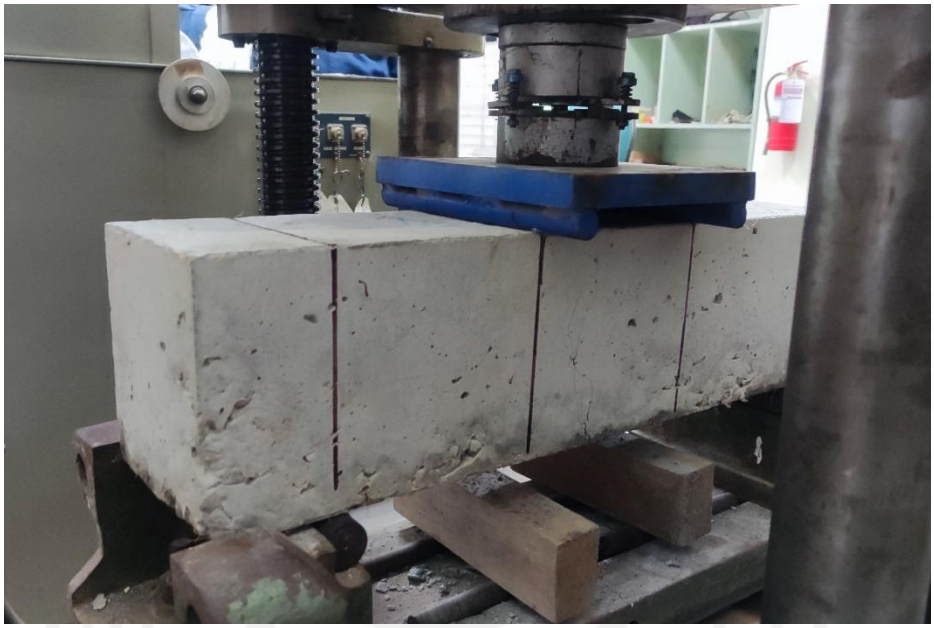
Gambar L-7.4 Perendaman Sampel Beton



Gambar L-7.5 Sampel Silinder Setelah di *Capping*



Gambar L-7.6 Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L-7.7 Pengujian Lentur Beton



Gambar L-7.8 Pola Keretakan Sampel