

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUAT TARIK BELAH DAN KUAT TEKAN
BETON DENGAN BAHAN TAMBAH SERAT
POTONGAN LIMBAH BANNER
(ANALYSIS OF SPLITTING TENSILE STRENGTH AND
COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE WITH
THE ADDITIONAL OF BANNER WASTE FIBER)**

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

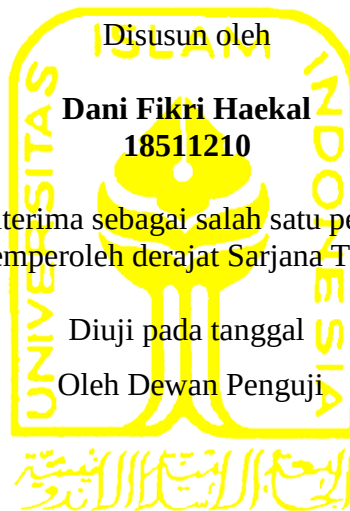


**DANI FIKRI HAEKAL
18511210**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KUAT TARIK BELAH DAN KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH SERAT POTONGAN LIMBAH BANNER (ANALYSIS OF SPLITTING TENSILE STRENGTH AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE WITH THE ADDITIONAL OF BANNER WASTE FIBER)



Disusun oleh

Dani Fikri Haekal
18511210

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.

NIK: 165111301

Penguji I

Elvis Saputra, S.T., M.T.

NIK: 205111302

Penguji II

Jafar, S.T., M.T., MURP.

NIK: 185111305

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

NIK: 885110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi penyelesaian program Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan 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 Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya 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, 2 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan,

Dani Fikri Haekal
(18511210)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serat Potongan Limbah Banner*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, nasihat, serta motivasi kepada saya selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I pada Sidang Tugas Akhir.
4. Bapak Jafar, S.T., M.T., MURP. selaku Dosen Penguji II pada Sidang Tugas Akhir.
5. Bapak Darussalam dan Suwarno selaku Laboran Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Syarifuddin, S.Pd. dan Ibu Sahidayati, S.Pd., M.M. selaku Orang Tua penulis yang telah berkorban begitu banyak, baik material maupun spiritual, hingga selesainya Tugas Akhir ini.

7. Kakak Dina Angelina, S.I.Kom. dan Kakak Della Febriana, S.E. selaku Kakak penulis yang telah memberikan semangat dan dorongan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Teman – teman yakni Riski, Bagus, Zaneta, Zhazha, Adhi, dan Mahasiswa Sipil Angkatan 2018 lainnya yang telah membantu proses pembuatan dan pengujian untuk Tugas Akhir ini.
9. Sahabat yakni Dayu, Immanuel, Oksha, Liza, dan Fildzah yang telah menemani dan memberikan semangat selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 2 Agustus 2022
Penulis,



Dani Fikri Haekal
(18511210)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Kuat Lekat dan Kuat Tekan pada Beton Serat dengan Bahan Tambah Potongan Limbah <i>Banner</i>	5
2.2 Pengaruh Penambahan Potongan Limbah <i>Banner</i> dengan Bentuk Potongan Memanjang terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	6
2.3 Pemanfaatan Limbah Spanduk Plastik Sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton	7

2.4 Studi Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Menggunakan Potongan Limbah Spanduk Sebagai Bahan Tambah	7
2.5 Pengaruh Penambahan Potongan Spanduk Bekas dan Substitusi <i>Fly Ash</i> Sebagai Pengganti Semen terhadap Kekuatan Beton	8
2.6 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	9
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Beton	14
3.2 Beton Serat	16
3.3 Material	17
3.3.1 Semen	17
3.3.2 Agregat	19
3.3.3 Air	20
3.4 Bahan Tambah	21
3.5 Rancangan Campuran Beton	23
3.6 Pengujian	24
3.6.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	24
3.6.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	25
3.6.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	27
3.6.4 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	27
3.6.5 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus	28
3.6.6 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar	28
3.6.7 Pengujian Lolos Saringan No. 200	29
3.6.8 Pengujian Slump Beton	29
3.6.9 Pengujian Kuat Tekan Beton	30
3.6.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	31
BAB IV METODE PENELITIAN	32
4.1 Umum	32
4.2 Bahan	32
4.3 Peralatan	33
4.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	33

4.3.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	34
4.3.3	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	34
4.3.4	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	35
4.3.5	Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus	35
4.3.6	Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar	35
4.3.7	Pengujian Lolos Saringan No. 200	36
4.3.8	Pengujian Slump Beton	36
4.3.9	Pengujian Kuat Tekan Beton	37
4.3.10	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	37
4.4	Benda Uji	37
4.4.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	38
4.4.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	38
4.4.3	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	38
4.4.4	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	38
4.4.5	Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus	38
4.4.6	Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar	38
4.4.7	Pengujian Lolos Saringan No. 200	38
4.4.8	Pengujian Slump Beton	38
4.4.9	Pengujian Kuat Tekan Beton	39
4.4.10	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	39
4.5	Perencanaan Campuran Beton	40
4.6	Pelaksanaan Penelitian	49
4.6.1	Tahap Studi Literatur	49
4.6.2	Tahap Persiapan Alat dan Bahan	49
4.6.3	Tahap Pengujian Agregat	49
4.6.4	Tahap Perencanaan Campuran Beton	54
4.6.5	Tahap Pembuatan Beton	54
4.6.6	Tahap Perawatan Beton	56
4.6.7	Tahap Pengujian Beton	56
4.6.8	Tahap Pengolahan Data	58
4.6.9	Tahap Kesimpulan	58

4.7 Bagan Alir Penelitian	58
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	61
5.1 Umum	61
5.2 Pengujian Agregat	61
5.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	61
5.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	62
5.2.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	63
5.2.4 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	69
5.2.5 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus	75
5.2.6 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar	77
5.2.7 Pengujian Lolos Saringan No. 200	79
5.3 Perencanaan Campuran Beton	80
5.4 Pengujian Slump Beton	86
5.5 Pengujian Kuat Tekan Beton	86
5.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	91
5.7 Pembahasan Pelaksanaan Penelitian	96
5.8 Pembahasan Hasil Pengujian	97
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	103
6.1 Kesimpulan	103
6.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN	108

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	10
Tabel 3.1	Jenis Semen Portland	19
Tabel 3.2	Kadar Maksimum Chlorida terhadap Berat Semen	21
Tabel 4.1	Benda Uji Kuat Tekan Beton	39
Tabel 4.2	Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton	40
Tabel 4.3	Deviasi Standar	40
Tabel 4.4	Perkiraan Kuat Tekan Beton	41
Tabel 4.5	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Fas Maksimum	43
Tabel 4.6	Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m ³)	44
Tabel 5.1	Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	61
Tabel 5.2	Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	62
Tabel 5.3	Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1	63
Tabel 5.4	Gradasi Agregat Halus Daerah III (Sampel 1)	65
Tabel 5.5	Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2	66
Tabel 5.6	Gradasi Agregat Halus Daerah III (Sampel 2)	68
Tabel 5.7	Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1	69
Tabel 5.8	Gradasi Agregat Kasar Butir Maksimum 20 mm (Sampel 1)	71
Tabel 5.9	Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2	72
Tabel 5.10	Gradasi Agregat Kasar Butir Maksimum 20 mm (Sampel 2)	74
Tabel 5.11	Berat Volume Padat Agregat Halus	75
Tabel 5.12	Berat Volume Gembur Agregat Halus	76
Tabel 5.13	Berat Volume Padat Agregat Kasar	77
Tabel 5.14	Berat Volume Gembur Agregat Kasar	78
Tabel 5.15	Berat Lolos Saringan No. 200	79
Tabel 5.16	Rekapitulasi Perhitungan Rencana Campuran Beton	86
Tabel 5.17	Hasil Pengujian Slump Beton	86
Tabel 5.18	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	88
Tabel 5.19	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Slump Beton	30
Gambar 3.2	Kuat Tekan Beton	30
Gambar 3.3	Kuat Tarik Belah Beton	31
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan	42
Gambar 4.2	Grafik Gradasi Agregat Halus Nomor 1	45
Gambar 4.3	Grafik Gradasi Agregat Halus Nomor 2	45
Gambar 4.4	Grafik Gradasi Agregat Halus Nomor 3	45
Gambar 4.5	Grafik Gradasi Agregat Halus Nomor 4	46
Gambar 4.6	Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm	46
Gambar 4.7	Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	47
Gambar 4.8	Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	47
Gambar 4.9	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	48
Gambar 4.10	Bagan Alir Penelitian	59
Gambar 5.1	Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1	65
Gambar 5.2	Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2	68
Gambar 5.3	Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1	71
Gambar 5.4	Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2	74
Gambar 5.5	Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan	81
Gambar 5.6	Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	82
Gambar 5.7	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	83
Gambar 5.8	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	89
Gambar 5.9	Grafik Pengaruh Bahan Tambah Serat terhadap Kuat Tekan Beton dalam MPa	90

Gambar 5.10 Grafik Pengaruh Bahan Tambah Serat terhadap Kuat Tekan Beton dalam Persen	90
Gambar 5.11 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	94
Gambar 5.12 Grafik Pengaruh Bahan Tambah Serat terhadap Kuat Tarik Belah Beton dalam MPa	95
Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Bahan Tambah Serat terhadap Kuat Tarik Belah Beton dalam Persen	95
Gambar 5.14 Serat dalam Benda Uji Beton	98
Gambar 5.15 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Normal	100
Gambar 5.16 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Serat	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Laporan Sementara Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	109
Lampiran 2	Laporan Sementara Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	110
Lampiran 3	Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	111
Lampiran 4	Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	115
Lampiran 5	Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus	119
Lampiran 6	Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar	121
Lampiran 7	Laporan Sementara Pengujian Lolos Saringan No. 200	123
Lampiran 8	Laporan Sementara Pengujian Kuat Tekan Beton	124
Lampiran 9	Laporan Sementara Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	125
Lampiran 10	Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	126

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas Penampang
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
ASTM	= <i>American Society for Testing and Material</i>
B	= Berat Piknometer Berisi Air
Ba	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Dalam Air
Bj	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh
Bk	= Berat Benda Uji Kering Oven
Bt	= Berat Piknometer Berisi Benda Uji Dan Air
CTM	= <i>Compression Testing Machine</i>
D	= Diameter Tabung
F' _c	= Kuat Tekan Beton
F _{ct}	= Kuat Tarik Belah Beton
F _{cr}	= Kuat Tekan Rata-Rata
Fas	= Faktor Air Semen
KBBI	= Kamus Besar Bahasa Indonesia
L	= Panjang Tabung
M	= Nilai Tambah
MHB	= Modulus Halus Butir
P	= Beban Maksimum
PVC	= Polivinil Klorida
V	= Volume Tabung
S _r	= Deviasi Standar Rencana
SII	= Standar Industri Indonesia
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
W _h	= Jumlah Air Yang Diperkirakan Untuk Agregat Halus
W _k	= Jumlah Air Yang Diperkirakan Untuk Agregat Kasar
W1	= Berat Tabung

W2 = Berat Tabung + Agregat Kering Tungku

W3 = Berat Agregat

ABSTRAK

Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki kelebihan yakni kuat tekan yang tinggi namun memiliki kuat tarik yang rendah. Untuk memperbaiki kelemahan dan meningkatkan kualitas beton tersebut, maka dapat dilakukan dengan penggunaan bahan tambah pada campuran beton. Bahan tambah dapat berupa bahan kimia ataupun alami, salah satunya yakni serat baik itu serat plastik, baja, ataupun alami yang selanjutnya disebut dengan beton serat. Penambahan bahan tambah serat potongan limbah *banner* dalam campuran beton diharapkan dapat memperbaiki kelemahan beton dengan meningkatkan kuat tarik belah beton dan tetap memperhatikan kuat tekan beton tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah terhadap kuat tarik belah dan kuat tekan beton serta mengetahui persentase optimal dari penambahan bahan tambah tersebut.

Pada penelitian ini digunakan bahan tambah serat potongan limbah *banner* berukuran panjang 100 mm dan lebar 3 mm sebanyak 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dari berat beton normal. Metode perencanaan campuran beton yang dilaksanakan mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan beton rencana sebesar 20 MPa. Sementara itu, pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dan telah melalui proses perendaman.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan bahan tambah serat potongan limbah *banner* menghasilkan penurunan besaran kuat tarik belah dan kuat tekan beton terhadap beton normal. Penurunan tersebut disebabkan beberapa faktor antara lain ukuran serat kurang kecil, karakteristik permukaan serat licin sehingga mengakibatkan kurangnya friksi antara serat dan material beton lainnya, penyebaran serat tidak merata, dan terjadi penggumpalan serat (*balling effect*) dimulai dari variasi dengan persentase serat 0,75%.

Kata kunci : *Banner*, Beton, Kuat Tarik Belah, Kuat Tekan, Serat.

ABSTRACT

Concrete is a building material that has an advantage which is high compressive strength but has low splitting tensile strength. To fix the weaknesses and improve the quality of concrete, it can be done by using the additional in the concrete mix. The additional that used could be chemical material or natural material, one of which is fiber whether plastic fiber, steel fiber, or natural fiber which was referred to as fiber concrete. The addition of banner waste fiber in the concrete mix is expected to fix the weaknesses of concrete and increases the splitting tensile strength of concrete with keeping attention to the compressive strength of concrete. This research has aim to examine the effect of using banner waste fiber as an additional toward the splitting tensile strength and compressive strength of concrete and to find out the optimal percentage of the additional.

This research used additional in the form of banner waste fiber with 100 mm in length and 3 mm in width as much as 0,25%, 0,5%, 0,75%, and 1% of the weight of normal concrete. The method of concrete mix design used refers to SNI 03-2834-2000 with the compressive strength of the concrete plan is 20 MPa. The testing was held when the test object aged 28 days and had through the submersion process.

The results of this research showed that the concrete with an addition of banner waste fiber has shown decreasing in the splitting tensile strength and compressive strength of concrete toward the normal concrete. The decrease was caused by several factors which are the size of the fiber not small enough, the characteristics of the surface fiber are slippery and resulting in a lack of friction between the fiber and the other concrete materials, the uneven distribution of the fiber, and there was a balling effect that starts from the variation with a fiber percentage of 0,75%.

Keywords : Banner, Compressive Strength, Concrete, Fiber, Splitting Tensile Strength.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah di Indonesia terus berlanjut hingga kini. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) 2021, jumlah limbah plastik di Indonesia menyentuh angka 66 juta ton per tahunnya. Permasalahan ini menjadi isu penting dan berkaitan erat dengan permasalahan emisi karbon dan fenomena perubahan iklim. Perilaku penanganan limbah plastik yang salah dan kerap dilakukan masyarakat salah satunya ialah pembakaran limbah plastik. Limbah plastik yang dibakar akan melepaskan karbon dan polutan lainnya yang terdapat pada plastik ke atmosfer. Selanjutnya emisi karbon tersebut menjadi salah satu kontributor dari fenomena perubahan iklim dan menyebabkan adanya peningkatan suhu bumi serta fenomena yang dianggap tidak menentu dan berpotensi menimbulkan bencana lainnya seperti banjir, kekeringan berkepanjangan, kenaikan muka air laut dan bahkan ketidakstabilan ekonomi.

Untuk menangani permasalahan limbah plastik tersebut maka Pemerintah Indonesia berupaya dengan berbagai cara salah satunya ialah penerapan konsep ekonomi sirkular. Hal ini terbukti dengan masuknya konsep ekonomi sirkular pada Visi Indonesia 2045 dan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024.

Ekonomi sirkular merupakan konsep dengan pedoman berupa prinsip pengurangan sampah dan pemanfaatan sumber daya yang ada secara maksimal guna mengurangi produksi limbah. Penerapan konsep ekonomi sirkular dilakukan dengan berbagai cara antara lain perpanjangan umur produk, inovasi desain, pemeliharaan, penggunaan kembali, remanufaktur, daur ulang baik itu menjadi produk semula (*recycling*) ataupun menjadi produk lain (*upcycling*) (PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, 2019).

Pada sisi lain yakni sektor konstruksi terus mengalami perkembangan pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia terhadap bangunan hunian dan fasilitas lainnya. Salah satu bahan utama dalam suatu konstruksi ialah beton. Berdasarkan SNI 2847-2019 beton merupakan campuran semen *portland* ataupun semen hidrolis lainnya dengan agregat halus, agregat kasar, air dan atau dapat ditambah dengan bahan campuran tambahan (*admixture*).

Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki kelebihan yakni kuat tekan yang tinggi namun memiliki kuat tarik yang rendah. Oleh karena itu, bahan tambah dapat digunakan untuk memperbaiki kelemahan dan meningkatkan kualitas dari beton. Salah satu solusi untuk menangani permasalahan kuat tarik rendah pada beton ialah dengan penambahan bahan tambah berupa serat yang selanjutnya dinamakan beton serat.

Menurut Tjokrodinuljo (1996), beton serat merupakan komposit yang terbuat dari beton biasa dan bahan lain yakni serat. Serat tersebut dapat berupa serat asbestos, serat tumbuhan, serat plastik, atau potongan kawat baja. Berdasarkan ACI Committee 544-1984 dalam Apriliawati (2016), serat plastik dapat berupa rayon, *nylon*, *polyester*, *polyethylene*, dan *polypropylene*. Sementara itu, Putri (2016) menyebutkan bahwa spanduk terbuat dari bahan dasar berupa *nylon* dan *polivynil*.

Oleh karena itu, dengan permasalahan jumlah limbah plastik yang terus meningkat dan dalam rangka mewujudkan konsep ekonomi sirkular dengan pengurangan emisi karbon dan meminimalisasi perubahan iklim serta memperbaiki kelemahan beton dengan meningkatkan kuat tariknya maka dapat dilakukan dengan pemanfaatan limbah spanduk plastik (*banner*) sebagai bahan tambah dalam campuran beton.

Dengan demikian, serat potongan limbah spanduk (*banner*) diharapkan dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk memperbaiki kuat tarik pada beton. Serta dilakukan pula penelitian mengenai pengaruh penambahan serat *banner* terhadap kuat tekan beton sehingga diharapkan mampu meningkatkan kuat tarik belah beton dengan tetap memperhatikan kuat tekan beton agar sesuai dengan kekuatan yang disyaratkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya, maka didapat rumusan masalah dalam penelitian ini yakni sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam beton terhadap kuat tarik belah beton ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam beton terhadap kuat tekan beton ?
3. Berapa persentase optimal serat potongan limbah *banner* dalam campuran beton ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini yakni sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam beton terhadap kuat tarik belah beton.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam beton terhadap kuat tekan beton.
3. Mengetahui persentase optimal serat potongan limbah *banner* dalam campuran beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari dilaksanakannya penelitian ini yakni sebagai berikut.

1. Menjadi wawasan dan pengetahuan tambahan mengenai pemanfaatan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam campuran beton.
2. Pemanfaatan limbah plastik dalam rangka pengurangan emisi karbon dan meminimalisasi perubahan iklim.
3. Sebagai tambahan referensi untuk pemanfaatan limbah *banner*.
4. Sebagai tambahan referensi dalam rangka meningkatkan kuat tarik belah beton.

1.5 Batasan Penelitian

Terdapat batasan dalam pelaksanaan penelitian ini. Batasan diperlukan sebagai cara untuk membatasi ruang lingkup yang terlalu luas sehingga penelitian dapat lebih fokus. Batasan penelitian tersebut yakni sebagai berikut.

1. Metode perencanaan campuran beton yang dilaksanakan mengacu pada SNI 03-2834-2000.
2. Kuat tekan beton (f'_c) rencana adalah 20 MPa pada umur 28 hari.
3. Ukuran agregat maksimum yakni 20 mm.
4. Persentase serat potongan limbah *banner* antara lain 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% terhadap berat beton normal.
5. Serat potongan limbah *banner* yang digunakan berjenis *flexy* berukuran lebar 3 mm dan panjang 100 mm.
6. Air yang digunakan merupakan air bersih yang tersedia pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.
7. Agregat halus yang digunakan merupakan pasir yang berasal dari daerah sekitar Kulon Progo.
8. Agregat kasar yang digunakan merupakan kerikil yang berasal dari daerah sekitar Kulon Progo.
9. Semen yang digunakan adalah Semen Tiga Roda dengan tipe *Portland Composite Cement* yang dapat dikategorikan pada semen tipe I.
10. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari.
11. Benda uji beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
12. Jumlah benda uji setiap variasi beton yakni 3 buah.
13. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman dalam air hingga 1 hari sebelum pengujian beton dilakukan.
14. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Kuat Lekat dan Kuat Tekan pada Beton Serat dengan Bahan Tambah Potongan Limbah *Banner*

Apriliawati (2016) menyatakan beberapa hal yang dilakukan dan diperoleh dalam penelitian berjudul “Kajian Kuat Lekat dan Kuat Tekan pada Beton Serat dengan Bahan Tambah Potongan Limbah *Banner*”. Penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan variasi persentase penambahan potongan limbah *banner* sebesar 0,00%, 0,20%, 0,40%, 0,60%, 0,80%, dan 1,00%.

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan yakni antara lain untuk mengetahui pengaruh dari variasi besaran persentase penambahan potongan limbah *banner* pada campuran beton serat terhadap berat jenis beton, untuk mengetahui pengaruh dari variasi besaran persentase penambahan potongan limbah *banner* pada campuran beton serat terhadap kuat lekat beton, untuk mengetahui pengaruh dari variasi besaran persentase penambahan potongan limbah *banner* pada campuran beton serat terhadap kuat tekan beton, dan untuk mengetahui besaran persentase penambahan potongan limbah *banner* pada campuran beton serat dengan hasil kuat tekan dan kuat lekat beton yang optimum.

Hasil dari penelitian ini yakni antara lain terdapat pengaruh penambahan serat limbah *banner* terhadap berat jenis beton, terdapat pengaruh penambahan serat limbah *banner* terhadap kuat tekan beton dengan hasil tertinggi pada beton serat dengan persentase bahan tambah sebesar 0,20%, terdapat pengaruh penambahan serat limbah *banner* terhadap kuat lekat beton dengan hasil tertinggi pada beton serat dengan persentase bahan tambah sebesar 0,40%, dan didapatkan besaran persentase bahan tambah yang optimum untuk kuat tekan beton sebesar 0,20% dan kuat lekat beton sebesar 0,40%.

2.2 Pengaruh Penambahan Potongan Limbah *Banner* dengan Bentuk Potongan Memanjang terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Putri (2016) menyatakan beberapa hal yang dilakukan dan diperoleh dalam penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Potongan Limbah *Banner* dengan Bentuk Potongan Memanjang terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton”. Penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian berat jenis dan kuat tekan. Sementara itu, untuk pengujian kuat lentur beton menggunakan benda uji berbentuk balok dengan dimensi $150 \times 150 \times 600$ mm. Benda uji beton direncanakan dengan mutu f'_c 20 MPa dan dengan variasi persentase penambahan potongan limbah *banner* sebesar 0,00%, 0,20%, 0,40%, 0,60%, 0,80%, dan 1,00% dengan ukuran panjang 25 - 100 mm dan lebar 5 mm.

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan yakni antara lain untuk mengetahui pengaruh penambahan potongan limbah *banner* pada campuran beton serat terhadap berat jenis beton, untuk mengetahui pengaruh penambahan potongan limbah *banner* pada campuran beton serat terhadap kuat tekan beton, untuk mengetahui pengaruh penambahan potongan limbah *banner* pada campuran beton serat terhadap kuat lentur beton, dan untuk mengetahui besaran persentase penambahan potongan limbah *banner* pada campuran beton serat dengan hasil kuat tekan dan kuat lentur beton yang optimum.

Hasil dari penelitian ini yakni antara lain didapatkan besaran persentase bahan tambah yang optimum untuk kuat tekan beton sebesar 0,20% dan kuat lentur beton sebesar 0,40%. Terdapat pengaruh penambahan serat limbah *banner* terhadap berat jenis beton yaitu seiring besarnya persentase penambahan potongan limbah *banner* maka semakin kecil berat jenis beton. Penambahan potongan limbah *banner* memberikan pengaruh negatif terhadap kuat tekan beton yaitu seiring besarnya persentase penambahan potongan limbah *banner* maka semakin kecil kuat tekan beton serta memberikan pengaruh negatif terhadap kuat lentur beton yaitu seiring besarnya persentase penambahan potongan limbah *banner* maka semakin kecil kuat lentur beton.

2.3 Pemanfaatan Limbah Spanduk Plastik Sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton

Setiawan (2017) menyatakan beberapa hal yang dilakukan dan diperoleh dalam penelitian berjudul “Pemanfaatan Limbah Spanduk Plastik Sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton”. Penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 200 mm. Benda uji beton direncanakan dengan mutu f'_c 20 MPa dan dengan variasi persentase penambahan potongan limbah *banner* sebesar 0,00%, 0,25%, 0,50%, 1,00%, dan 2,00% berukuran panjang 40 mm dan lebar 0,5 mm.

Penelitian ini mempunyai tujuan yakni untuk menentukan sifat-sifat mekanik dari beton dengan penambahan bahan tambah berupa potongan limbah spanduk plastik. Sifat-sifat mekanik tersebut antara lain nilai slump dan kuat tekan beton yang dihasilkan.

Hasil dari penelitian ini yakni didapatkan kesimpulan bahwa nilai slump dari beton dengan penambahan bahan tambah potongan limbah spanduk plastik akan berkurang bertepatan dengan semakin besarnya persentase penambahan serat limbah spanduk plastik dalam campuran beton. Namun, penambahanan serat limbah spanduk sebesar 0,25% masih menghasilkan nilai slump sesuai rencana. Sedangkan untuk kekuatan tekan beton didapatkan hasil tertinggi pada beton dengan persentase penambahan serat sebesar 1% dan didapatkan hasil kuat tekan yang lebih tinggi 4,95% dari beton normal.

2.4 Studi Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Menggunakan Potongan Limbah Spanduk Sebagai Bahan Tambah

Usman (2018) menyatakan beberapa hal yang dilakukan dan diperoleh dalam penelitian berjudul “Studi Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Menggunakan Potongan Limbah Spanduk Sebagai Bahan Tambah”. Penelitian ini dilakukan menggunakan serat spanduk dengan bentuk persegi panjang berukuran panjang 35 mm dan lebar 10 mm. Benda uji beton direncanakan dengan mutu f'_c 20 MPa dan dengan variasi persentase penambahan potongan limbah spanduk sebesar 0,00%, 0,15%, dan 0,45% terhadap berat rencana beton.

Penelitian ini mempunyai tujuan yakni untuk mengetahui besaran kuat tekan dan kuat tarik belah dari beton dengan penambahan bahan tambah berupa potongan limbah spanduk.

Hasil dari penelitian ini yakni didapatkan nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari mengalami penurunan dibanding dengan beton serat persentase 0,00% atau beton normal. Sementara itu, nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari juga turut mengalami penurunan dibanding dengan beton tanpa penambahan serat limbah spanduk. Sama halnya dengan nilai kuat tekan beton, pengujian kuat tarik belah beton pun menghasilkan nilai kuat tarik belah beton yang menurun dibandingkan dengan beton normal. Oleh karena itu, serat spanduk dinilai tidak bisa digunakan sebagai bahan tambah beton.

2.5 Pengaruh Penambahan Potongan Spanduk Bekas dan Substitusi *Fly Ash* Sebagai Pengganti Semen terhadap Kekuatan Beton

Ishak (2020) menyatakan beberapa hal yang dilakukan dan diperoleh dalam penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Potongan Spanduk Bekas dan Substitusi *Fly Ash* Sebagai Pengganti Semen terhadap Kekuatan Beton”. Penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji beton berukuran 15×30 cm dan dengan campuran limbah *fly ash* sebesar 20% dari jumlah semen serta dengan variasi persentase penambahan potongan limbah spanduk sebesar 0,00%, 0,25%, dan 0,50% dari berat beton berukuran masing-masing 20×1 mm, 40×1 mm, dan 80×1 mm.

Penelitian ini mempunyai tujuan yakni untuk mengetahui besaran kuat tekan, *slump* test, absorpsi beton dan kuat tarik belah dari beton dengan penambahan bahan tambah berupa *fly ash* dan potongan limbah spanduk.

Hasil dari penelitian ini yakni didapatkan bahwa substitusi *fly ash* sebagai pengganti semen dan penambahan potongan limbah spanduk mampu meningkatkan kuat tekan beton dengan selisih nilai 0,853 MPa dari beton normal yakni kuat tekan beton normal sebesar 20,662 MPa dan beton dengan variasi limbah *fly ash* 20% dan spanduk bekas 0,5% berukuran 80×1 mm memiliki kuat tekan beton sebesar 21,515 MPa. Sementara itu, nilai kuat tarik belah beton memiliki selisih sebesar

1,381 MPa dari beton normal yakni kuat tarik belah beton normal sebesar 2,311 MPa dan beton dengan variasi limbah *fly ash* 20% dan spanduk bekas 0,5% berukuran 80×1 mm memiliki kuat tarik belah beton sebesar 4,268 MPa. Untuk parameter nilai slump didapatkan kesimpulan semakin besar persentase dan ukuran dari potongan spanduk maka semakin menurun nilai slump yang dihasilkan. Sementara penggunaan *fly ash* sebanyak 20% dan variasi penambahan potongan spanduk bekas sebesar 0,25% dan 0,5% masih menghasilkan nilai slump sesuai rencana.

2.6 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Terdapat beberapa perbedaan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Berikut merupakan perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Penelitian	Apriliawati (2016)	Putri (2016)	Setiawan (2017)	Usman (2018)	Ishak (2020)	Penulis
Judul	Kajian Kuat Lekat dan Kuat Tekan pada Beton Serat dengan Bahan Tambah Potongan Limbah <i>Banner</i>	Pengaruh Penambahan Potongan Limbah <i>Banner</i> dengan Bentuk Potongan Memanjang terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	Pemanfaatan Limbah Spanduk Plastik Sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton	Studi Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Menggunakan Potongan Limbah Spanduk Sebagai Bahan Tambah	Pengaruh Penambahan Potongan Spanduk Bekas dan Substitusi <i>Fly Ash</i> Sebagai Pengganti Semen terhadap Kekuatan Beton	Analisis Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serat Potongan Limbah <i>Banner</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Penelitian	Apriliawati (2016)	Putri (2016)	Setiawan (2017)	Usman (2018)	Ishak (2020)	Penulis
Tujuan	Mengetahui pengaruh dari variasi besaran persentase penambahan potongan limbah <i>banner</i> pada campuran beton serat terhadap berat jenis beton, kuat lekat beton, kuat tekan beton, dan besaran persentase dengan hasil kuat tekan dan kuat lekat beton yang optimum.	Mengetahui pengaruh penambahan potongan limbah <i>banner</i> pada campuran beton serat terhadap berat jenis beton, kuat tekan beton, kuat lentur beton, dan besaran persentase dengan hasil kuat tekan dan kuat lentur beton yang optimum.	Menentukan nilai slump dan kuat tekan beton yang dihasilkan dari beton dengan penambahan bahan tambah berupa potongan limbah spanduk plastik.	Mengetahui besaran kuat tekan dan kuat tarik belah dari beton dengan penambahan bahan tambah berupa potongan limbah spanduk.	Mengetahui besaran kuat tekan, <i>slump</i> test, absorpsi beton dan kuat tarik belah dari beton dengan penambahan bahan tambah berupa <i>fly ash</i> dan potongan limbah spanduk.	Mengetahui nilai kuat tarik belah dan kuat tekan beton dengan penambahan bahan tambah serat potongan limbah <i>banner</i> dan mengetahui besaran persentase penambahan serat yang optimal.

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Penelitian	Apriliawati (2016)	Putri (2016)	Setiawan (2017)	Usman (2018)	Ishak (2020)	Penulis
Metode	Benda uji berupa silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan variasi persentase penambahan potongan limbah <i>banner</i> sebesar 0,00%, 0,20%, 0,40%, 0,60%, 0,80%, dan 1,00%.	Benda uji silinder berukuran 150 × 300 mm untuk pengujian berat jenis dan kuat tekan. Untuk pengujian kuat lentur beton menggunakan benda uji berbentuk balok berukuran 150×150 ×600 mm dengan mutu f'c 20 MPa dan variasi persentase potongan limbah <i>banner</i> sebesar 0,00%, 0,20%, 0,40%, 0,60%, 0,80%, dan 1,00% berukuran panjang 25-100 mm dan lebar 5 mm.	Benda uji silinder beton berukuran 150×200 mm. dengan mutu f'c 20 MPa dan dengan variasi persentase penambahan potongan limbah <i>banner</i> sebesar 0,00%, 0,25%, 0,50%, 1,00%, dan 2,00%.	Benda uji silinder berukuran 150×300 mm mutu f'c 20 MPa. Serat spanduk berukuran 35×10 mm. Variasi persentase potongan limbah spanduk 0,00%, 0,15%, dan 0,45% terhadap berat rencana beton.	Benda uji beton berukuran 15×30 cm dengan campuran limbah <i>fly ash</i> 20% dari jumlah semen serta dengan variasi persentase penambahan potongan limbah spanduk sebesar 0,00%, 0,25%, dan 0,50% dari berat beton dan berukuran masing-masing 20 × 1 mm, 40 × 1 mm, dan 80 × 1 mm.	Benda uji silinder tinggi 300 mm dan diameter 150 mm dengan persentase serat dari berat beton sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1%.

Lanjutan Tabel 2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Penelitian	Apriliawati (2016)	Putri (2016)	Setiawan (2017)	Usman (2018)	Ishak (2020)	Penulis
Hasil	Terdapat pengaruh penambahan serat <i>banner</i> terhadap berat jenis beton, terhadap kuat tekan beton dengan hasil optimum pada variasi 0,20%, dan terhadap kuat lekat beton dengan hasil optimum pada variasi 0,40%,.	Besaran persentase bahan tambah yang optimum untuk kuat tekan beton sebesar 0,20% dan kuat lentur beton sebesar 0,40%. Seiring besarnya persentase penambahan potongan limbah <i>banner</i> maka semakin kecil berat jenis beton, kuat tekan beton, dan kuat lentur beton.	Semakin besar persentase serat limbah spanduk maka nilai slump beton akan berkurang. Variasi serat limbah spanduk 0,25% masih menghasilkan nilai slump sesuai rencana. Kuat tekan beton didapatkan hasil tertinggi pada beton variasi serat sebesar 1% dengan kuat tekan lebih tinggi 4,95% dari beton normal.	Kuat tekan beton dan kuat tarik belah mengalami penurunan dibanding dengan beton normal. Oleh karena itu, serat spanduk dinilai tidak bisa digunakan sebagai bahan tambah beton.	Substitusi <i>fly ash</i> dan potongan limbah spanduk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan selisih nilai berturut 0,853 dan 1,381 dari beton normal. Semakin besar persentase dan ukuran potongan spanduk maka semakin menurun nilai slumpnya.	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Bahar dkk. (2005) menyebutkan bahwa “beton merupakan material komposit yang terdiri dari medium pengikat (pada umumnya campuran semen hidrolis dan air), agregat halus (pada umumnya pasir) dan agregat kasar (pada umumnya kerikil) dengan atau tanpa bahan tambahan/campuran/*additives*”. Selain itu, menurut SNI 2847-2019 beton didefinisikan sebagai “campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*)”.

Beton merupakan bahan yang sering dipakai dalam suatu struktur bangunan selain baja dan kayu. Pemilihan beton sebagai bahan utama dalam konstruksi bangunan didasarkan atas beberapa alasan yang mencakup kelebihan dan kekurangannya. Kelebihan beton menurut Wedyantadji antara lain sebagai berikut.

1. Beton mudah dibentuk atau dicetak.
2. Bahan material beton mudah ditemukan.
3. Pemeliharaan beton mudah.
4. Beton tahan terhadap panas sampai 500°C (selama 3 jam).
5. Beton bersifat tahan lama (awet).

Selain itu, di lain sisi beton memiliki kekurangan. Berikut ini kekurangan beton menurut Wedyantadji.

1. Beton bervolume besar dan tidak stabil.
2. Beton memiliki berat sendiri yang besar.
3. Waktu pelaksanaan beton lama.
4. Biaya pelaksanaan beton mahal.
5. Sukar diperbaiki apabila terdapat kesalahan.
6. Beton memiliki tegangan tarik yang rendah.

Menurut Bahar dkk. (2005) beton dapat dibagikan menjadi beberapa jenis yakni antara lain,

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang didalamnya terdapat bahan agregat ringan dengan densitas setimbang (*equilibrium density*). Densitas tersebut yakni berkisar antara 1140 dan 1840 kg/m³ sesuai dalam ASTM C567 (SNI 2847-2019). Beton dengan jenis ini memiliki berat per satuan volume atau berat jenis yakni kurang dari 1900 kg/m³ dan digunakan sebagai elemen non-struktural.

2. Beton normal

Beton normal merupakan beton dengan kandungan hanya agregat yang sesuai dengan ASTM C33M. Beton normal memiliki berat jenis berkisar antara 2155 dan 2560 kg/m³ dan biasanya diambil nilai berkisar 2320 sampai dengan 2400 kg/m³ (SNI 2847-2019).

3. Beton berat

Beton berat merupakan beton yang memiliki berat jenis tidak kurang dari 2500 kg/m³. Beton berat digunakan untuk keperluan struktur tertentu seperti struktur yang memiliki ketahanan terhadap radiasi atom.

4. Beton jenis lain

a. Beton massa (*mass concrete*)

Beton massa didefinisikan sebagai beton yang dituang dalam volume besar. Beton ini biasanya ditemukan dalam konstruksi pilar, bendungan dan pondasi turbin pada pembangkit listrik.

b. Fero semen (*ferrocement*)

Fero semen merupakan mortar semen dengan anyaman kawat baja. Beton dengan jenis ini memiliki ketahanan terhadap retakan dan patah leleh, daktilitas, fleksibilitas serta lebih kedap air dibandingkan dengan beton biasa.

c. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat merupakan kombinasi dari beton biasa dengan bahan lain berupa serat. Beton serat memiliki daktilitas lebih tinggi daripada beton

biasa. Jenis beton ini umumnya dipakai pada bangunan hidrolis, lantai jembatan, jalan raya ataupun landasan pesawat.

d. Beton siklop

Pada dasarnya beton siklop merupakan beton biasa namun memiliki ukuran agregat yang relatif lebih besar. Agregat kasar dari beton ini dapat berukuran 20 cm. Beton siklop dapat digunakan pada bendungan dan pangkal jembatan.

e. Beton hampa

Beton hampa merupakan beton biasa dengan metode tambahan berupa penyedotan air sisa reaksi hidrasi setelah beton tercetak padat dengan cara divakum.

f. Beton ekspose

Beton ekspose merupakan beton tanpa proses *finishing*. Permukaan dari beton ini dihasilkan dengan penggunaan bahan bekisting yang memberikan permukaan halus pada beton. Beton ekspose dapat ditemukan pada gelagar jembatan, kolom dan balok bangunan.

3.2 Beton Serat

Berdasarkan *American Concrete Institute (ACI) Committee 544* dalam Sudarsana (2020), beton serat didefinisikan sebagai beton dengan bahan yang terdiri dari semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, serta sejumlah serat dan masih dapat ditambahkan bahan *additive*. Menurut Subari (2017), terdapat beberapa istilah dalam konsep pemakaian beton serat yakni sebagai berikut.

1. *Fiber volume fraction*

Fiber volume fraction merupakan besaran persentase dari volume serat yang digunakan sebagai bahan tambah untuk setiap volume beton. Pada pengaplikasiannya, persentase yang digunakan tersebut diukur dengan berat seratnya. Pada umumnya kualitas beton akan meningkat seiring dengan meningkatnya *volume fraction*, namun selanjutnya *volume fraction* dapat mempengaruhi *workabilitas* dari adukan beton sehingga diperlukan besaran *volume fraction* yang optimal.

2. *Fiber aspec ratio (l/d)*

Fiber aspec ratio merupakan rasio perbandingan antara panjang serat (l) dan diameter serat (d). Menurut Sudarmoko (1991) dalam Lubis (2020), aspek rasio serat memiliki batasan maksimal agar pengadukan beton masih dapat dilakukan. Batas maksimal aspek rasio (l/d) tersebut berkisar < 100 . Hal ini dikarenakan aspek rasio yang tinggi dapat mengakibatkan kecenderungan penggumpalan serat (*balling effect*) dan akan sulit untuk tersebar secara merata.

Menurut Lubis (2020), terdapat kelebihan dan kekurangan dari penggunaan beton serat antara lain sebagai berikut.

1. Kelebihan

- a. Mampu meningkatkan kuat lentur beton.
- b. Kecil kemungkinan untuk terjadinya segregasi.
- c. Meningkatkan daktilitas.
- d. Tahan terhadap benturan.
- e. Dapat mereduksi retak-retak.
- f. Beton lebih kaku.
- g. Mampu meningkatkan kuat tarik, kuat tekan, dan kuat desak beton.

2. Kekurangan

- a. Dengan adanya tambahan material berupa serat maka biaya dapat menjadi lebih mahal.
- b. Pengerjaan beton serat lebih sulit dibandingkan dengan beton normal.

3.3 Material

Material penyusun beton pada umumnya terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air.

3.3.1 Semen

Semen yang digunakan dalam campuran beton merupakan semen berjenis hidrolis. Semen hidrolis merupakan semen yang akan bereaksi dengan air. Semen hidrolis dapat berupa semen *portland*, semen alumina, dan semen putih. Pada umumnya semen yang digunakan dalam campuran beton merupakan semen *portland*.

Semen *portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 2049-2015).

Sementara itu, menurut ASTM C150 semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dari penghancuran atau penggilingan klinker dengan kandungan kalsium silika hidrolik, umumnya mengandung satu atau lebih banyak bentuk kalsium sulfat dari hasil penggilingan tambahan.

Semen *portland* terdiri dari beberapa jenis, berdasarkan SNI 2049-2015 semen *portland* terbagi menjadi lima jenis yakni sebagai berikut.

1. Jenis I

Semen *portland* jenis I merupakan semen *portland* yang diperuntukan pada penggunaan secara umum dan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti pada jenis lainnya. Semen berjenis ini dapat digunakan untuk keperluan konstruksi bangunan gedung, jembatan, perkerasan jalan, dan lainnya yang tidak terdapat pengaruh akibat sulfat.

2. Jenis II

Semen *portland* jenis II merupakan semen *portland* yang memiliki ketahanan terhadap sulfat atau kalor hibridasi sedang. Penggunaan semen *portland* jenis II yakni pada konstruksi bangunan air berupa bendungan dan bangunan irigasi atau pada bangunan tepi laut.

3. Jenis III

Semen *portland* jenis III merupakan semen *portland* yang memiliki kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen ini digunakan pada konstruksi yang memerlukan kekuatan awal tinggi seperti jembatan, pondasi berat, dan perkerasan jalan.

4. Jenis IV

Semen *portland* jenis IV merupakan semen *portland* yang memiliki kalor hidrasi rendah. Semen *portland* jenis IV digunakan pada pengecoran dengan potensi timbulnya panas atau pengecoran dengan penyemprotan (pompa).

5. Jenis V

Semen *portland* jenis V merupakan semen *portland* yang memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat. Konstruksi yang memerlukan semen jenis ini yakni konstruksi dengan situasi asam seperti tangki bahan kimia.

Berikut ini merupakan Tabel 3.1 yang memuat jenis-jenis semen *portland* dengan syarat penggunaan dan penggunaannya.

Tabel 3.1 Jenis Semen Portland

Jenis	Syarat Penggunaan	Penggunaan
I	Kondisi biasa, tidak memerlukan persyaratan khusus	Perkerasan jalan, gedung, jembatan biasa, dan konstruksi tanpa serangan sulfat
II	Serangan sulfat konsentrasi sedang	Bangunan tepi laut, dam, bendungan, irigasi dan beton massa
III	Kekuatan awal tinggi	Jembatan dan pondasi dengan beban berat
IV	Panas hidrasi rendah	Pengecoran yang menuntut panas hidrasi rendah dan diperlukan <i>setting time</i> yang lama
V	Ketahanan yang tinggi terhadap sulfat	Bangunan dalam lingkungan asam, tangki bahan kimia dan pipa bawah tanah

Sumber : Bahar dkk. (2005)

3.3.2 Agregat

Agregat merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-furnace slag*), yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis (SNI 2847-2019). Penggunaan agregat dalam campuran beton memiliki beberapa tujuan, menurut Bahar dkk. (2005) tujuan penggunaan agregat yakni sebagai berikut.

1. Sumber kekuatan beton.
2. Menghemat semen.
3. Memperkecil tingkat penyusutan beton.

4. Mencapai kepadatan beton yang maksimal.
5. Memperoleh *workability* yang baik.

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya yaitu agregat kasar dan agregat halus yang memiliki perbedaan diantara keduanya yakni pada ayakan 5 mm atau 3/16". Berdasarkan SNI 03-2834-2000 agregat halus didefinisikan menjadi pasir alam dari hasil desintegrasi alami batu atau pasir yang diperoleh dari industri pemecah batu dengan ukuran butir terbesar 5,0 mm. Sementara itu, agregat kasar didefinisikan menjadi kerikil dari hasil desintegrasi alami batu atau batu pecah yang didapat dari industri pemecah batu dengan ukuran butir antara 5 mm – 40 mm.

Agregat halus dalam campuran beton memiliki beberapa kegunaan. Nugraha dan Antoni (2007) menyatakan bahwa kegunaan agregat halus antara lain.

1. Sebagai pengisi ruang di antara butir agregat kasar.
2. Sebagai pemberi kelecakan yang berfungsi sebagai *ball bearing*. Kelecakan tersebut menambah mobilitas dan selanjutnya mengurangi friksi antar butir agregat kasar.

Dalam SNI 03-2834-2000 menyatakan persyaratan besar butir agregat maksimum yakni sebagai berikut.

1. Tidak melebihi 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
2. Tidak melebihi 1/3 tebal pelat.
3. Tidak melebihi 3/4 jarak bersih minimum antara batang atau berkas tulangan.

3.3.3 Air

Menurut Bahar dkk. (2005) air dalam campuran beton memiliki fungsi sebagai penghidrasi semen agar semen dapat berfungsi sebagai pengikat dan sebagai pelumas untuk memudahkan pencampuran agregat dan semen serta memudahkan pelaksanaan pengecoran beton (*workability*).

Susilorini dan Sambowo (2011) mengungkapkan bahwa persyaratan air untuk campuran beton yakni sebagai berikut.

1. Air untuk campuran beton harus bersih, tidak terdapat kandungan minyak, asam, alkali, garam, serta zat organik atau bahan lainnya yang bisa merusak beton atau baja tulangan.

2. Air untuk campuran beton pratekan, atau beton dengan kandungan logam aluminium, atau beton bertulang biasa tidak diperbolehkan mengandung *ion chlorida*. Kadar *ion chlorida* tidak diperbolehkan lebih dari 500 mg per liter air. Kadar *chlorida* terhadap berat semen pada setiap jenis beton memiliki batasan maksimum yang disyaratkan. Berikut ini merupakan Tabel 3.2 yang memuat kadar maksimum *chlorida* terhadap berat semen.

Tabel 3.2 Kadar Maksimum *Chlorida* terhadap Berat Semen

Jenis Komponen Struktur	Kadar Maksimum
Beton prategang	0,06 %
Beton bertulang yang terpapar klorida selama masa layannya	0,15%
Beton bertulang yang dalam kondisi kering atau terlindung dari air selama masa layannya	1,00%
Konstruksi beton bertulang lainnya	0,30%

Sumber : Bahar dkk. (2005)

3. Air tawar yang tidak memiliki standar air minum tidak dianjurkan untuk campuran beton, kecuali :
- Campuran beton dengan air dengan sumber yang sama telah membuktikan memiliki mutu beton yang sesuai dengan persyaratan
 - Dilakukan pengujian kuat tekan kubus mortar sesuai ASTM C109 sebagai perbandingan antara mortar dengan air tersebut dan mortar dengan air bersih yang dapat diminum atau air murni (*aquadest*)
 - Air yang digunakan pada poin b dapat digunakan apabila hasil kuat tekan mortar pada umur 7 hari dan 28 hari sebesar minimum 90% dari kuat tekan mortar dengan air tawar atau air murni.

3.4 Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan penyusun beton selain semen, agregat, dan air. Bahan tambah tersebut dapat berupa bahan kimia, alami dan buatan. Menurut

Apriliawati (2016) bahan tambah memiliki fungsi untuk memperbaiki sifat beton dan memperbaiki kelemahan yang terdapat pada beton. Beton mempunyai kuat tekan tinggi dan kuat tarik yang rendah, dengan demikian penambahan bahan tambah dapat dilakukan guna meningkatkan kuat tarik beton.

Bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa bahan tambah kimia, mineral ataupun serat. Bahan tambah berupa serat diharapkan dapat meningkatkan kuat tarik beton. Menurut Mulyono (2005) dalam Apriliawati (2016) menyatakan bahwa *fiber* atau serat dapat meningkatkan kapasitas geser (tarik diagonal).

Menurut ASTM dalam Apriliawati (2016) serat didefinisikan sebagai material dengan ukuran yang panjang dan tipis serta berbentuk kumpulan (*bundles*), jaringan, atau *strand* terbuat dari bahan alam ataupun hasil fabrikasi yang dicampur dalam campuran beton.

Berdasarkan ACI Committee 544 – 1984 dalam Apriliawati (2016), bahan serat dapat berupa plastik, baja, kaca dan serat alami. Serat plastik tersebut dapat berupa rayon, *nylon*, *polyester*, *polyethylene*, dan *polypropylene*. Serat plastik berupa limbah potongan *banner* (spanduk) dapat digunakan dengan harapan meningkatkan kuat tarik beton dan mengurangi serta memanfaatkan limbah atau sampah yang ada.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) spanduk didefinisikan sebagai “kain rentang yang berisi slogan, propaganda, atau berita yang perlu diketahui umum”. Putri (2016) menyebutkan bahwa spanduk merupakan suatu media informasi ataupun iklan yang bahan dasarnya terdiri dari *nylon* dan *polivynil*. Menurut Pine dkk. (1988) dalam Putri (2016) *polivynil* merupakan polimer yang terbuat sebab adanya aksi saling mengikat dan memiliki ciri kuat dan keras. Sementara itu, *nylon* didefinisikan sebagai poliamida buatan yang memiliki gaya regang sangat baik apabila dijadikan serat.

Mahajan dkk. (2018) dalam Kusuma dan Puspitasari (2019) menyebutkan bahwa spanduk *flexy* merupakan spanduk yang terdiri dari tiga lapisan berlapis struktur dengan kain poliester yang terletak antara lapisan yang mengandung resin senyawa kalsium karbonat (CaCO_3), polivinil klorida (PVC), plastisier dan aditif.

Kain poliester dalam spanduk memiliki fungsi untuk kekakuan dan daya tahan, sedangkan lapisan PVC memiliki fungsi untuk fleksibilitas dan ekonomis dengan biaya rendah.

Secara umum spanduk *flexy* memiliki karakteristik permukaan yang berbeda. Spanduk memiliki dua bagian yakni bagian belakang dengan permukaan yang kasar dan bagian depan yang memiliki permukaan halus ataupun licin. spanduk berbahan *flexy* terdiri dari beberapa jenis dengan karakteristik yang berbeda. Bahan *flexy* dibedakan berdasarkan produsennya antara lain *flexy* china dengan karakteristik yang tipis, kasar dan berserat, kemudian *flexy* korea dengan tekstur yang lebih halus dan lebih tebal, dan *flexy* jerman yang memiliki kualitas bahan lebih baik dari *flexy* china dan korea dengan ketebalan yang lebih baik.

3.5 Rancangan Campuran Beton

Rancangan campuran beton atau *mix design* adalah proses memilih unsur-unsur bahan campuran beton yang cocok dengan komposisi perbandingan tertentu sehingga ekonomis dan mencapai kriteria minimum dalam kelecakan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan keawetan (*durability*) (BPSDM Kementerian PUPR, 2017).

Penentuan rancangan campuran beton dilakukan guna menentukan jumlah dan kadar dari bahan penyusun beton yakni antara lain agregat halus, agregat kasar, semen, dan air yang memiliki kriteria dalam workabilitas, kekuatan, dan durabilitas. Rancangan tersebut diharuskan optimal sehingga bahan yang digunakan minimum namun tetap mempertimbangkan kriteria teknis.

Rancangan campuran beton merupakan suatu hal yang bervariasi sebab didasarkan atas beberapa faktor seperti karakteristik bahan penyusunnya, kemampuan pelaksana, dan tujuan peruntukan bangunan.

3.6 Pengujian

3.6.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan agregat halus (agregat lolos saringan No.4 atau 4,75 mm) berdasarkan SNI 03-1970-1990 dengan tujuan mengetahui beberapa hal yakni antara lain sebagai berikut.

1. Berat jenis curah

Berat jenis curah merupakan perbandingan berat agregat kering dengan berat air suling yang kandungannya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh di suhu 25°C. Perhitungan berat jenis curah dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{B_k}{B + 500 - B_t} \quad (3.1)$$

dengan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

B_t = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

2. Berat jenis jenuh kering permukaan

Berat jenis jenuh kering permukaan atau dapat disebut juga dengan berat jenis SSD merupakan perbandingan berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat air suling yang kandungannya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh di suhu 25°C. Perhitungan berat jenis jenuh kering permukaan dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{B + 500 - B_t} \quad (3.2)$$

dengan :

B = Berat piknometer berisi air (gram)

B_t = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

3. Berat jenis semu

Berat jenis semu merupakan perbandingan berat agregat kering dengan berat air suling yang kandungannya sama dengan isi agregat pada keadaan kering di suhu 25°C. Perhitungan berat jenis semu dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B + B_k - B_t} \quad (3.3)$$

dengan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

B_t = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

4. Angka penyerapan air

Penyerapan ditunjukkan dalam satuan persen (%) dari perbandingan berat air yang mampu diserap oleh pori dengan berat agregat kering. Perhitungan angka penyerapan air dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Penyerapan} = \frac{500 - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3.4)$$

dengan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

3.6.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan agregat kasar (agregat tertahan pada saringan No.4 atau 4,75 mm) berdasarkan SNI 03-1969-1990 dengan tujuan mengetahui beberapa hal yakni antara lain sebagai berikut.

1. Berat jenis curah

Berat jenis curah merupakan perbandingan berat agregat kering dengan berat air suling yang kandungannya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh di suhu 25°C. Perhitungan berat jenis curah dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (3.5)$$

dengan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

2. Berat jenis jenuh kering permukaan

Berat jenis jenuh kering permukaan atau dapat disebut juga dengan berat jenis SSD merupakan perbandingan berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat air suling yang kandungannya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh di suhu 25°C. Perhitungan berat jenis jenuh kering permukaan dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3.6)$$

dengan :

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

3. Berat jenis semu

Berat jenis semu merupakan perbandingan berat agregat kering dengan berat air suling yang kandungannya sama dengan isi agregat pada keadaan kering di suhu 25°C. Perhitungan berat jenis semu dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (3.7)$$

dengan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

4. Angka penyerapan air

Penyerapan ditunjukkan dalam satuan persen (%) dari perbandingan berat air yang mampu diserap oleh pori dengan berat agregat kering. Perhitungan angka penyerapan air dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3.8)$$

dengan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

3.6.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan agregat halus (agregat lolos saringan No.4 atau 4,75 mm) berdasarkan SNI 03-1968-1990 dengan tujuan mengetahui pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan saringan dan mendapatkan distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat halus. Analisa saringan merupakan perhitungan persentase dari berat butiran agregat yang lolos dalam satu set saringan, selanjutnya dari angka persentase yang didapat tersebut dimasukkan dan digambarkan kedalam grafik pembagian butir. Perhitungan persentase tersebut dilakukan dengan menghitung persentase berat benda uji yang tertahan pada setiap saringan dengan berat total benda uji setelah melalui penyaringan.

3.6.4 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan agregat kasar (agregat tertahan pada saringan No.4 atau 4,75 mm) berdasarkan SNI 03-1968-1990 dengan tujuan mengetahui pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan dan mendapatkan distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat kasar. Analisa saringan merupakan perhitungan persentase dari berat butiran agregat yang lolos dalam satu set saringan, selanjutnya dari angka persentase yang didapat tersebut dimasukkan dan digambarkan kedalam grafik pembagian butir. Perhitungan persentase tersebut dilakukan dengan menghitung persentase berat

benda uji yang tertahan pada setiap saringan dengan berat total benda uji setelah melalui penyaringan.

3.6.5 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan agregat halus (agregat lolos saringan No.4 atau 4,75 mm) berdasarkan SNI 03-4804-1998 dengan tujuan mengetahui berat volume padat/gembur agregat halus dan klasifikasi agregat halus menurut berat volumenya. Berat volume padat merupakan besaran nilai dari massa agregat dalam setiap satu satuan volume pada kondisi padat. Sementara itu, berat volume gembur merupakan besaran nilai dari massa agregat dalam setiap satu satuan volume pada kondisi tidak padat atau gembur.

Perhitungan berat volume padat/gembur dilakukan dengan menghitung nilai berat satuan volume menggunakan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Berat volume} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{W_2 - W_1}{V}\end{aligned}\tag{3.9}$$

dengan :

W1 = Berat tabung (gram)

W2 = Berat tabung + agregat kering tungku (gram)

W3 = Berat agregat (gram)

V = Volume tabung (cm³)

3.6.6 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan agregat kasar (agregat tertahan pada saringan No.4 atau 4,75 mm) berdasarkan SNI 03-4804-1998 dengan tujuan mengetahui berat volume padat/gembur agregat kasar dan klasifikasi agregat kasar menurut berat volumenya. Berat volume padat merupakan besaran nilai dari massa agregat dalam setiap satu satuan volume pada kondisi padat. Sementara itu, berat volume gembur merupakan besaran nilai dari massa agregat dalam setiap satu satuan volume pada kondisi tidak padat atau gembur.

Perhitungan berat volume padat/gembur dilakukan dengan menghitung nilai berat satuan volume menggunakan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Berat volume} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{W_2 - W_1}{V}\end{aligned}\quad (3.10)$$

dengan :

W1 = Berat tabung (gram)

W2 = Berat tabung + agregat kering tungku (gram)

W3 = Berat agregat (gram)

V = Volume tabung (cm³)

3.6.7 Pengujian Lolos Saringan No. 200

Pengujian ini dilakukan menggunakan agregat halus (agregat lolos saringan No.4 atau 4,75 mm) berdasarkan SNI 03-4142-1996 dengan tujuan mengetahui klasifikasi agregat halus serta memperoleh nilai kandungan lumpur pada pasir dalam persen. Perhitungan berat lolos saringan No. 200 dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat lolos saringan No. 200} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (3.11)$$

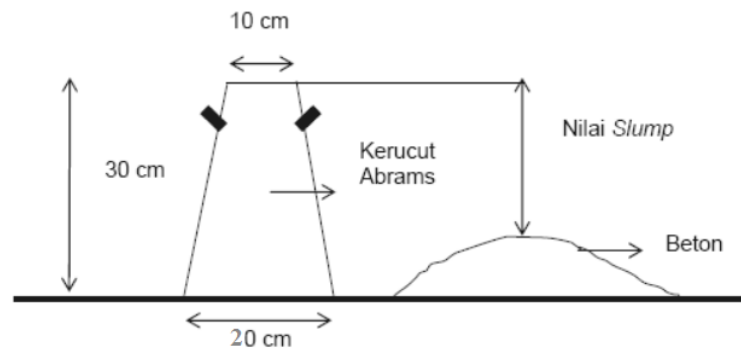
dengan :

A = Berat kering sebelum dicuci (gram)

B = Berat kering setelah dicuci (gram)

3.6.8 Pengujian Slump Beton

Pengujian slump beton dilakukan berdasarkan SNI 03-1972-1990 menggunakan beton segar untuk mendapatkan angka slump beton. Slump beton merupakan besaran kekentalan dari beton segar. Pengukuran slump dilakukan dengan mengukur perbedaan tinggi antara cetakan dan tinggi rata-rata benda uji dan dinyatakan dalam satuan cm. Pengujian slump beton dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1 berikut ini.

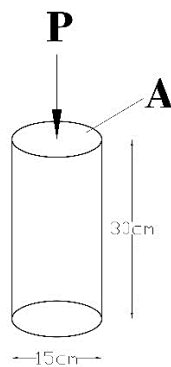


Gambar 3.1 Slump Beton

Sumber : Duma (2008)

3.6.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan SNI 03-1974-1990 menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan maksud untuk mengetahui besaran kuat tekan (*compressive strength*). Kuat tekan beton merupakan besaran beban yang mengakibatkan benda uji hancur ketika dibebani oleh mesin tekan dan dinyatakan dalam satuan luas seperti pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Kuat Tekan Beton

Perhitungan kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad (3.12)$$

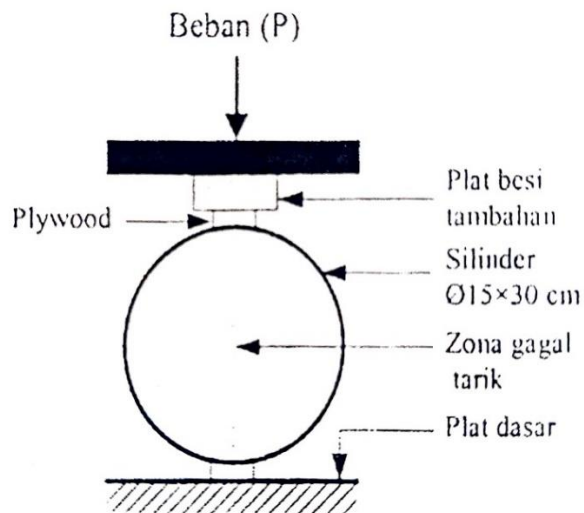
dengan :

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang (mm²)

3.6.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2491-2002 menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan maksud untuk mengevaluasi ketahanan geser suatu komponen struktur berbahan beton dengan agregat ringan. Kuat tarik belah beton berbentuk silinder merupakan besaran nilai kuat tarik tidak langsung pada benda uji beton silinder yang didapatkan dari hasil pembebanan dengan cara meletakkan benda uji secara mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan pada mesin uji tekan yang selanjutnya benda uji diberikan pembebanan. Pengujian dilakukan seperti pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Kuat Tarik Belah Beton

Sumber : Nugraha dan Antoni (2007)

Perhitungan kuat tarik belah beton dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi L D} \quad (3.13)$$

dengan :

f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang benda uji silinder (mm)

D = Diameter benda uji silinder (mm)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), metode penelitian merupakan “cara mencari kebenaran dan asas-asas gejala alam, masyarakat, atau kemanusiaan berdasarkan disiplin ilmu yang bersangkutan”. Metode ini digunakan untuk memperoleh data ilmiah dengan tujuan dan mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diamati.

Penelitian ini dilakukan dengan berbagai data yang dapat terbagi menjadi dua apabila dilihat berdasarkan sumbernya. Sumber data tersebut yakni sebagai berikut.

1. Data primer

Data primer merupakan data yang didapatkan dari pengujian dan pengamatan yang dilakukan di laboratorium.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari pustaka atau referensi untuk membantu penelitian yang dilakukan. Data sekunder tersebut dapat berupa buku ataupun standar penelitian yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI).

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Tiga Roda dengan tipe *Portland Composite Cement* yang dapat dikategorikan pada semen tipe I.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan merupakan pasir yang berasal dari daerah Kulon Progo.

3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan merupakan kerikil yang berasal dari daerah Kulon Progo.

4. Air

Air yang digunakan merupakan air bersih yang tersedia pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

5. Bahan tambah

Bahan tambah yang digunakan merupakan potongan limbah *banner* berjenis *flexy* yang tidak terpakai dengan ukuran lebar sebesar 3 mm dan panjang sebesar 100 mm dengan aspek rasio 33,33. Jumlah bahan tambah yang digunakan ialah persen setiap variasi beton terhadap berat beton.

4.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dapat terbagi berdasarkan pengujiannya yakni sebagai berikut.

4.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan kapasitas 2,5 kg atau lebih.
2. Piknometer berkapasitas 500 ml.
3. Kerucut terpancung yang terbuat dari logam dengan ketebalan minimum 0,80 mm dan dengan ukuran diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (75 ± 3) mm.
4. Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata dan memiliki berat (340 ± 15) gram serta mempunyai diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
5. Saringan No. 4 (4,75 mm).
6. Oven untuk memanasi benda uji dengan pengatur suhu sampai dengan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
7. Pengukur suhu yang memiliki ketelitian pembacaan 1°C .

8. Talam.
9. Bejana tempat air.
10. Desikator.

4.3.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Keranjang kawat dengan ukuran 3,35 mm (No. 6) atau 2,36 mm (No. 8) dan berkapasitas ± 5 kg.
2. Tempat air yang memiliki bentuk dan kapasitas yang sesuai dengan pemeriksaan. Tempat air tersebut dilengkapi dengan pipa agar permukaan air selalu tetap.
3. Timbangan dengan kapasitas 20 kg atau lebih dan memiliki ketelitian 0,1 gram serta dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
4. Oven untuk memanasi benda uji dengan pengatur suhu sampai dengan $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Alat pemisah contoh.
6. Saringan No.4 (4,75 mm)
7. Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C .
8. Sekop kecil, kain lap, dan lain-lain.

4.3.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Timbangan dengan kapasitas 2500 gram atau lebih dan memiliki ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
2. Satu set saringan yakni dengan ukuran 9,5 mm ($3/8''$), 4,75 mm (No. 4), 2,36 mm (No. 8), 1,18 mm (No. 16), 0,600 mm (No. 30), 0,300 mm (No. 50), 0,150 mm (No. 100), pan dan tutup saringan.
3. Oven untuk memanasi benda uji dengan pengatur suhu sampai dengan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
4. Alat pemisah contoh.

5. Mesin pengguncang atau penggentar saringan.
6. Kain lap, sikat kuningan halus, kuas, talam, dan alat lainnya.

4.3.4 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Timbangan dengan kapasitas 20000 gram atau lebih dan memiliki ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
2. Satu set saringan yakni dengan ukuran 75 mm (3"), 63,5 mm (2½"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 19 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (No. 4), 2,36 mm (No. 8), 1,18 mm (No. 16), 0,600 mm (No. 30), 0,300 mm (No. 50), 0,150 mm (No. 100), pan dan tutup saringan.
3. Oven untuk memanasi benda uji dengan pengatur suhu sampai dengan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
4. Alat pemisah contoh.
5. Mesin pengguncang atau penggentar saringan.
6. Sikat kuningan halus, kuas, talam, dan alat lainnya.

4.3.5 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Timbangan dengan kapasitas 2500 gram atau lebih dan memiliki ketelitian 0,1% dari berat benda uji.
2. Silinder/tabung dengan kapasitas 5 liter.
3. Alat penumbuk yang memiliki ukuran diameter 16 mm dan panjang 600 mm.
4. Oven untuk memanasi benda uji dengan pengatur suhu sampai dengan $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Sekop, talam, dan alat lainnya.

4.3.6 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Timbangan dengan kapasitas 20000 gram atau lebih dan memiliki ketelitian 0,1% dari berat benda uji.
2. Silinder/tabung dengan kapasitas 10 liter.
3. Alat penumbuk yang memiliki ukuran diameter 16 mm dan panjang 600 mm.
4. Oven untuk memanasi benda uji dengan pengatur suhu sampai dengan $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Sekop, talam, dan alat lainnya.

4.3.7 Pengujian Lolos Saringan No. 200

Pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Timbangan dengan kapasitas 2500 gram atau lebih dan memiliki ketelitian 0,1% dari berat benda uji.
2. Saringan berukuran 75 mikron (No. 200).
3. Tempat air atau saluran air mengalir untuk pencucian (kran).
4. Oven untuk memanasi benda uji dengan pengatur suhu sampai dengan $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Cawan, sendok, kain lap, dan alat lainnya.

4.3.8 Pengujian Slump Beton

Pengujian slump beton dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Cetakan berupa kerucut terpancung yang terbuat dari logam dengan tebal minimum 1,2 mm dan ukuran diameter bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, serta tinggi 305 mm.
2. Tongkat pemadat berukuran diameter 16 mm dan panjang 600 mm. Tongkat ini memiliki ujung bulat dan terbuat dari baja yang bersih dan tidak berkarat.
3. Pelat logam yang memiliki permukaan rata dan kedap air.
4. Sendok cekung.
5. Mistar ukur.

4.3.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Timbangan.
2. Jangka sorong / kaliper.
3. Mesin tekan.
4. Alat pelapis (*capping*).

4.3.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan menggunakan beberapa peralatan yakni sebagai berikut.

1. Mesin uji tekan.
2. Pelat atau batang penekan tambahan. Alat ini digunakan apabila diameter atau panjang dari benda uji lebih besar dari ukuran permukaan tekan yang dimiliki mesin uji tekan. Alat ini terbuat dari pelat baja dengan tingkat kerataan $\pm 0,025$ mm dan dipasang pada bagian bawah dan atas mesin uji. Penggunaan alat ini dimaksudkan agar beban tekan dapat diberikan pada seluruh panjang benda uji.
3. Bantalan bantu pembebanan. Alat ini terbuat dari kayu lapis tanpa cat dengan ketebalan 3mm, lebar 25 mm dan panjang yang melebihi panjang benda uji. Bantalan bantu pembebanan digunakan di antara benda uji dan permukaan tekan mesin uji, atau apabila pada pengujian dilakukan menggunakan dengan tambahan pelat atau batang penekan tambahan maka bantalan bantu pembebanan diposisikan di antara benda uji dengan pelat atau batang penekan tambahan. Pada setiap pengujian dibutuhkan 2 buah bantalan yang digunakan dalam satu kali pakai dan tidak boleh digunakan kembali.

4.4 Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini dapat terbagi berdasarkan pengujiannya yakni sebagai berikut.

4.4.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa agregat lolos dari saringan No. 4 (4,75 mm) yang didapatkan dari alat pemisah contoh atau dengan cara perempat (*quartering*) sebanyak 500 gram.

4.4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa agregat tidak lolos dari saringan No. 4 (4,75 mm) yang didapatkan dari alat pemisah contoh atau dengan cara perempat (*quartering*) sebanyak 5000 gram.

4.4.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa agregat lolos dari saringan No. 4 (4,75 mm).

4.4.4 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa agregat kasar/kerikil yang memiliki butiran kasar.

4.4.5 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa agregat halus/pasir yang sudah melewati proses pengeringan.

4.4.6 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa agregat kasar/kerikil yang sudah melewati proses pengeringan.

4.4.7 Pengujian Lolos Saringan No. 200

Pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa agregat kering tungku yang lolos dari saringan No. 4 (4,75 mm).

4.4.8 Pengujian Slump Beton

Pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji berupa contoh beton segar sebagai perwakilan campuran beton.

4.4.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan menggunakan benda uji berupa beton dengan bahan tambah berupa serat potongan limbah *banner* berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 28 hari. Berdasarkan SNI 03-2493-1991 ditentukan jumlah minimum benda uji sebanyak 3 buah untuk setiap jenis, umur, dan kondisi pengujian. Menurut Firman (1998) dalam Lubis (2020) menyatakan bahwa penambahan persentase jumlah serat dapat menyebabkan turunnya kelecakan beton serta Subari (2017) mengungkapkan bahwa semakin besar persentase jumlah serat dalam beton akan mempengaruhi *workability* dalam pelaksanaan pembuatan beton. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan hasil penelitian terdahulu ditentukan jumlah benda uji untuk pengujian kuat tekan beton yang dilakukan dalam penelitian ini seperti pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Benda Uji Kuat Tekan Beton

Variasi Kadar Serat <i>Banner</i> pada Beton	Jumlah Benda Uji (Umur 28 Hari)
0%	3
0,25%	3
0,5%	3
0,75%	3
1%	3
Total	15

4.4.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan menggunakan benda uji berupa beton dengan bahan tambah berupa serat potongan limbah *banner* berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 28 hari. Dengan berbagai pertimbangan yang serupa pada penentuan benda uji pada pengujian kuat tekan beton, maka ditentukan jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan dalam penelitian ini seperti pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Kadar Serat Banner pada Beton	Jumlah Benda Uji (Umur 28 Hari)
0%	3
0,25%	3
0,5%	3
0,75%	3
1%	3
Total	15

4.5 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton perlu dilakukan guna sebagai pegangan dan acuan untuk pembuatan suatu beton sehingga nantinya didapatkan beton sesuai yang diinginkan. Perencanaan campuran beton dapat dilakukan dalam berbagai metode, dalam penelitian ini perencanaan campuran beton dilakukan dengan SNI 03-2834-2000 dengan metode sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton (f'_c) rencana ditentukan untuk umur tertentu.
2. Deviasi standar dihitung berdasarkan volume pembetonan dan mutu pekerjaan seperti yang ada dalam Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Deviasi Standar

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m³)	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,6 < S < 8,5
Sedang	1000-3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

Sumber : Modul 3 Rancangan Campuran Beton BPSDM Kementerian PUPR (2017)

Selain itu, berdasarkan SNI 03-2834-2000 apabila tidak terdapat data uji lapangan sebelumnya deviasi standar dapat juga tidak ditentukan melainkan penentuan kuat tekan rata-rata rencana dihitung dengan nilai tambah minimum 12 MPa.

3. Nilai tambah atau margin (M) dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$M = 1,64 \times s_r \quad (4.1)$$

dengan :

M = Nilai tambah

S_r = Deviasi standar rencana

4. Kuat tekan rata-rata rencana dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} f_{cr} &= f'c + M \\ &= f'c + 1,64 S_r \end{aligned} \quad (4.2)$$

dengan :

f_{cr} = Kuat tekan rata-rata

$f'c$ = Kuat tekan

M = Nilai tambah

S_r = Deviasi standar rencana

5. Jenis/tipe semen yang digunakan ditetapkan.
6. Jenis agregat halus dan kasar yang digunakan ditentukan, dapat berupa agregat dipecahkan atau tidak dipecahkan.
7. Faktor air semen ditentukan dengan langkah berikut.
- Perkiraan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari ditentukan berdasarkan jenis semen, agregat kasar, dan bentuk benda uji seperti yang terdapat dalam Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Perkiraan Kuat Tekan Beton

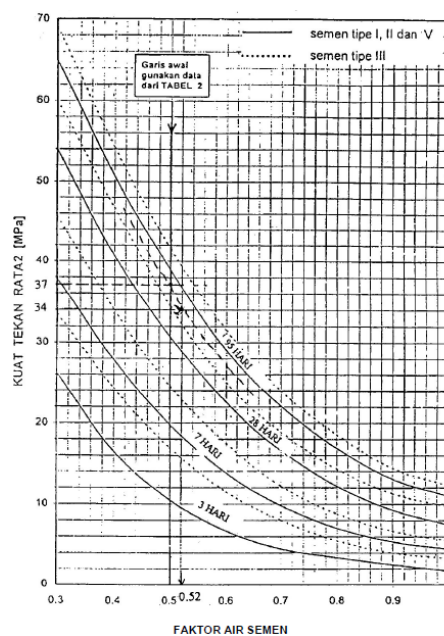
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	29	
Semen portland tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	

Lanjutan Tabel 4.4 Perkiraan Kuat Tekan Beton

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	29	
Semen tahan sulfat tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	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

- b. Grafik hubungan faktor air semen (fas) dan kekuatan tekan ditentukan sesuai dengan bentuk benda uji. Pada penelitian ini digunakan grafik untuk benda uji silinder seperti dalam Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan

Sumber : SNI 03-2834-200

- c. Garis tegak lurus ke atas dibuat dari faktor air semen 0,5 hingga memotong kurva kuat tekan sesuai yang ditentukan pada sub butir a.

- d. Garis lengkung ditarik dengan proporsional melalui titik pada sub butir c.
 - e. Garis mendatar ditarik dari kuat tekan yang ditargetkan hingga memotong kurva baru yang telah ditentukan pada sub butir d.
 - f. Garis tegak lurus ke bawah dibuat dari perpotongan pada sub butir e hingga didapatkan faktor air semen yang dibutuhkan.
8. Fas maksimum ditentukan dari Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Fas Maksimum

Lokasi	Jumlah Semen Minimum per m³ Beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan 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 masuk ke dalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		
Beton yang kontinu berhubungan :		
a. Air tawar		
b. Air laut		

Sumber : SNI 03-2834-2000

9. Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara butir 7 dan butir 8.

10. Nilai slump ditetapkan.
11. Ukuran agregat maksimum ditetapkan.
12. Kadar air bebas ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (4.3)$$

dengan :

W_h = Jumlah air yang diperkirakan untuk agregat halus

W_k = Jumlah air yang diperkirakan untuk agregat kasar

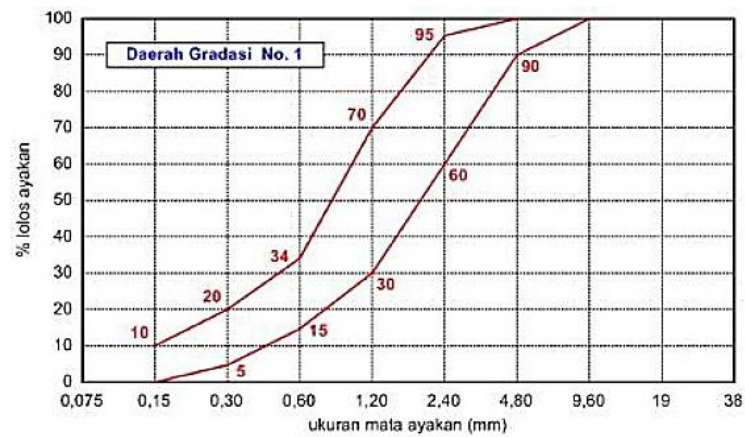
Adapun perkiraan jumlah air yang dibutuhkan seperti yang terdapat dalam Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m³)

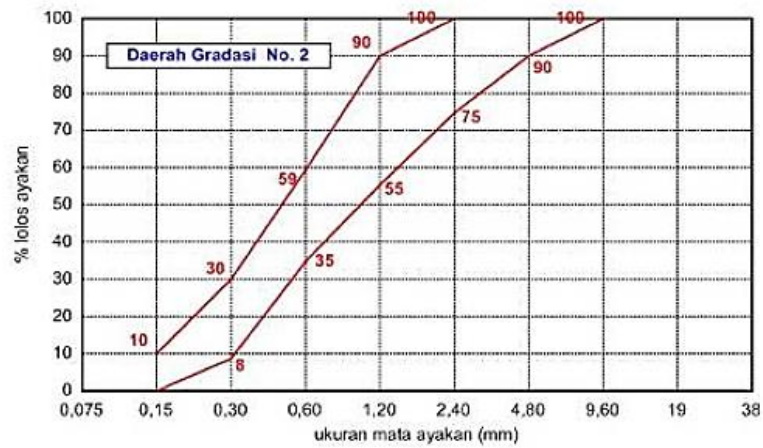
Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10 mm	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40 mm	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190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

Sumber : SNI 03-2834-2000

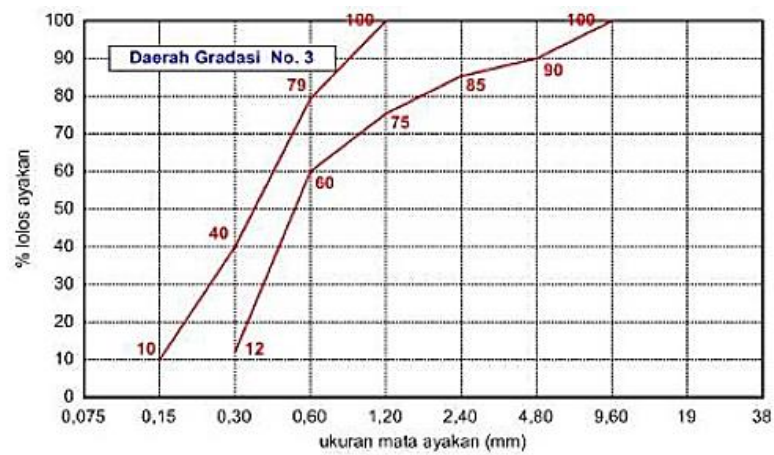
13. Jumlah semen atau kadar semen dihitung dengan membagi kadar air bebas dengan faktor air semen.
14. Jumlah semen maksimum apabila tidak ditetapkan dapat diabaikan.
15. Jumlah semen minimum ditentukan dari Tabel 4.5 di atas.
16. Faktor air semen disesuaikan apabila jumlah semen berubah.
17. Tipe susunan butir (gradasi) agregat halus ditentukan dengan kurva yang disesuaikan dengan grafik pada Gambar 4.2 sampai dengan Gambar 4.5 berikut ini.



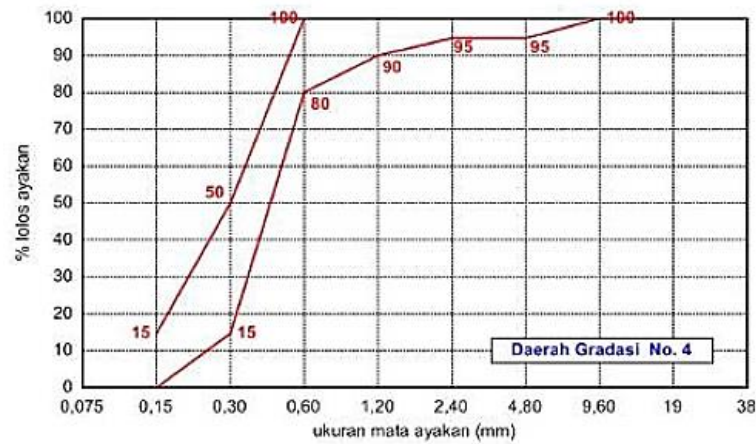
Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Halus Nomor 1
Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 4.3 Grafik Gradasi Agregat Halus Nomor 2
Sumber : SNI 03-2834-2000



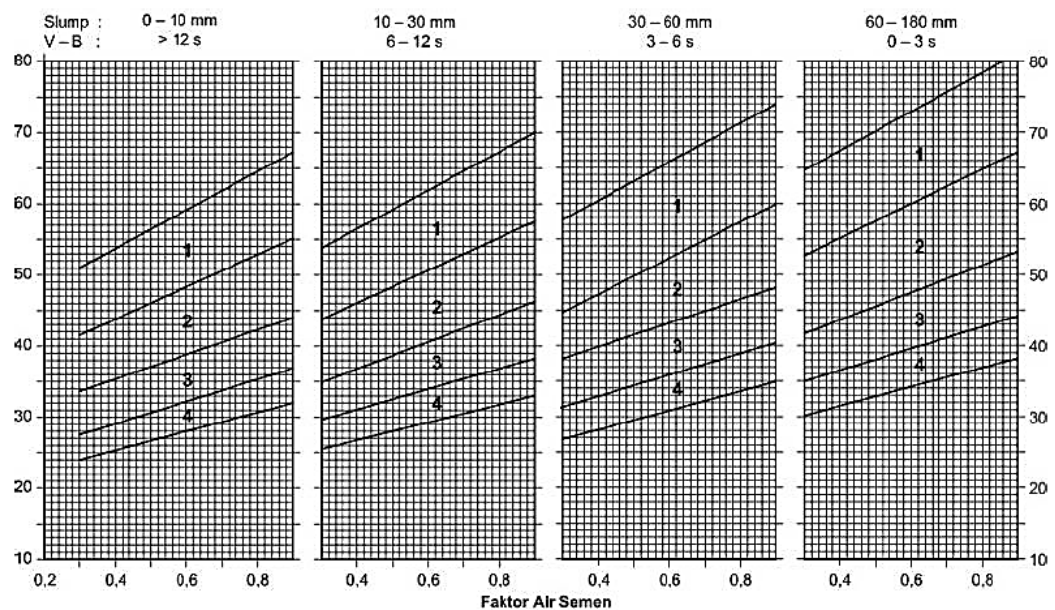
Gambar 4.4 Grafik Gradasi Agregat Halus Nomor 3
Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 4.5 Grafik Gradasi Agregat Halus Nomor 4

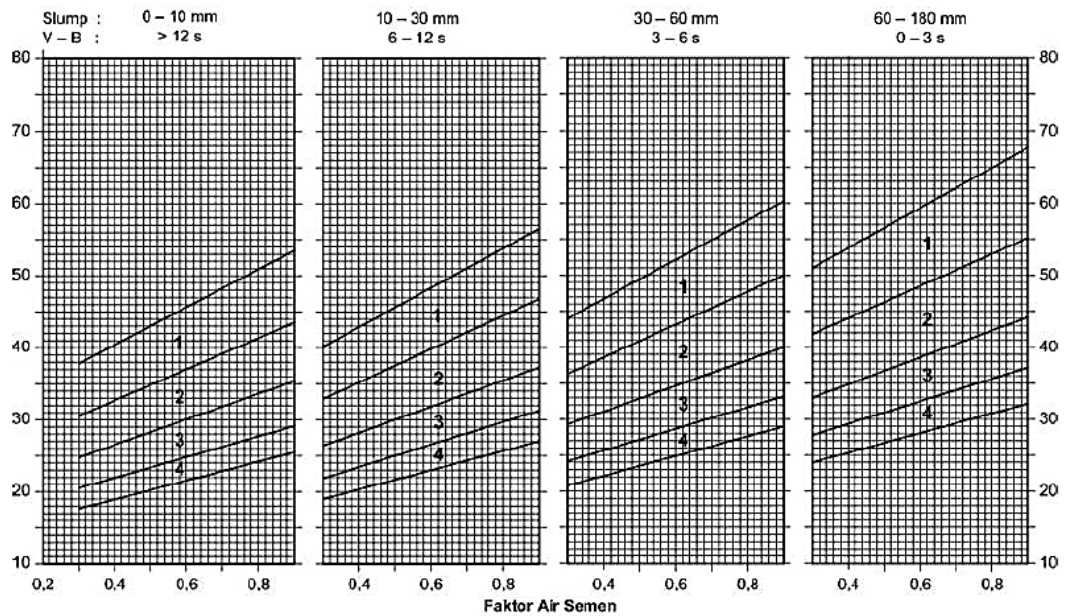
Sumber : SNI 03-2834-2000

18. Persentase pasir ditentukan menggunakan grafik seperti pada Gambar 4.6 sampai dengan Gambar 4.8 berikut ini.



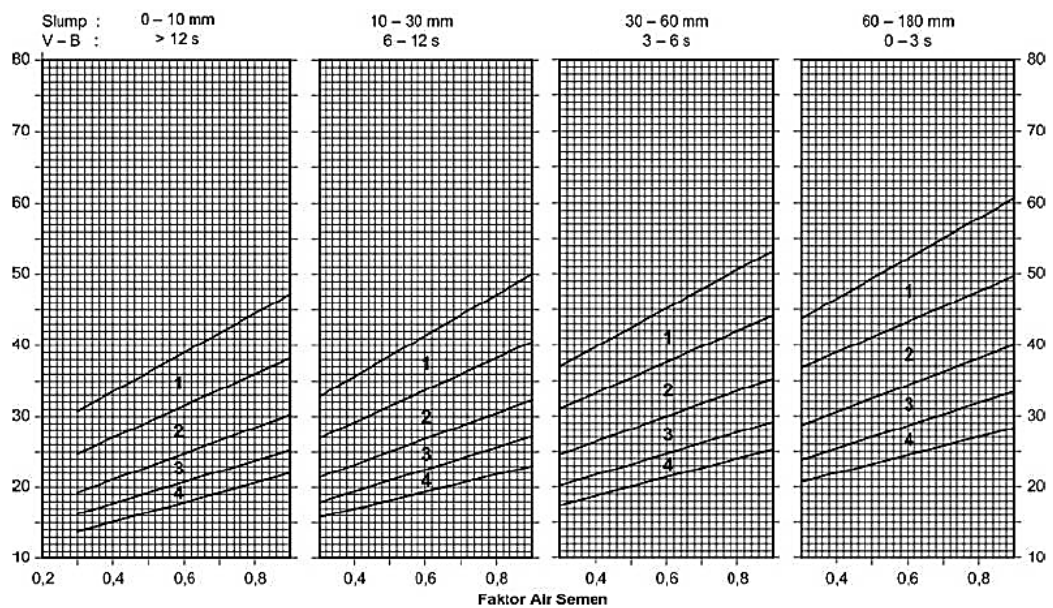
Gambar 4.6 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 4.7 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



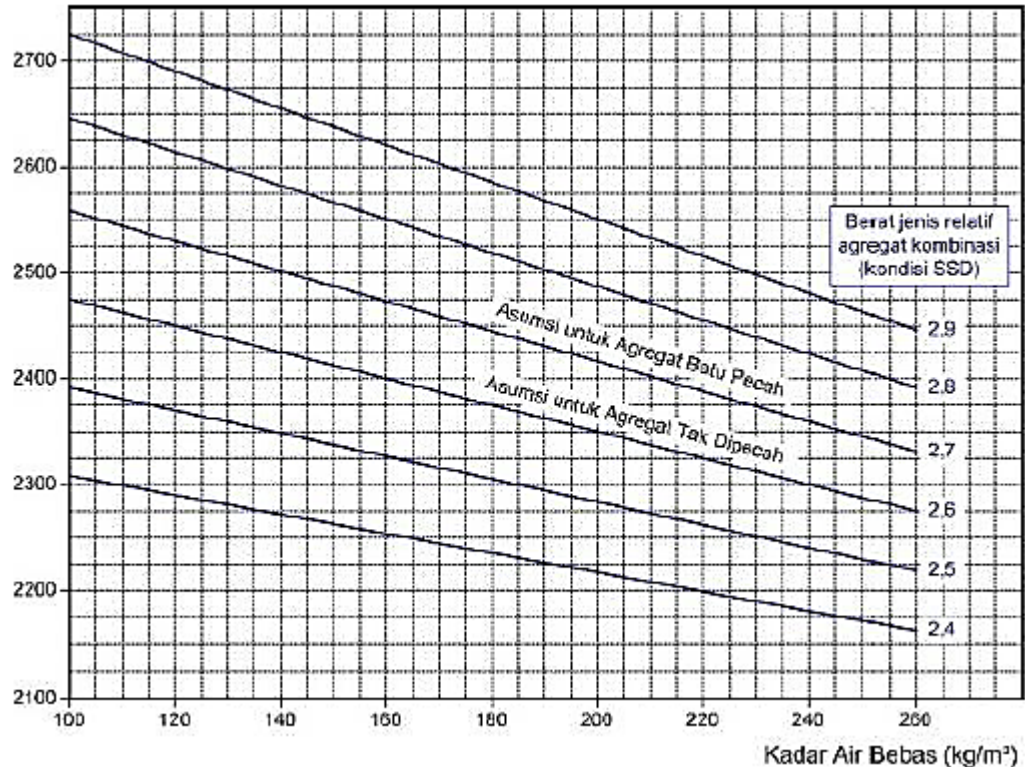
Gambar 4.8 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000

19. Berat jenis relatif agregat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Berd jenis agregat gabungan} &= \% \text{ agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus} \\ &+ \% \text{ agregat kasar} \times \text{berat jenis agregat kasar} \end{aligned}$$

20. Berat isi beton ditentukan dengan grafik pada Gambar 4.9 berikut ini.



Gambar 4.9 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah

Sumber : SNI 03-2834-2000

21. Kadar agregat gabungan dihitung dengan pengurangan berat isi beton dengan jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
22. Kadar agregat halus dihitung dengan perkalian persen agregat halus dengan kadar agregat gabungan.
23. Kadar agregat kasar dihitung dengan pengurangan kadar agregat gabungan dengan kadar agregat halus.
24. Proporsi campuran setiap m^3 ditentukan berdasarkan data pada tahapan yang telah dilakukan sebelumnya (Kondisi agregat pada keadaan jenuh kering permukaan).
25. Koreksi proporsi campuran dilakukan apabila keadaan agregat pada saat pelaksanaan tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan.
26. Jumlah bahan tambah serat potongan *banner* dihitung dengan menghitung persen bahan tambah setiap variasi beton terhadap berat beton.

4.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yakni sebagai berikut.

4.6.1 Tahap Studi Literatur

Tahapan ini merupakan tahapan awal dari penelitian. Pada tahap studi literatur dilakukan perencanaan terkait mekanisme penelitian yang akan dilakukan agar pelaksanaan penelitian dapat dilakukan dengan benar dan sesuai dengan standar yang berlaku.

4.6.2 Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan berbagai alat dan bahan. Oleh karena itu dibutuhkan persiapan alat dan bahan sebelum melaksanakan penelitian ini. Pada tahapan ini dilakukan dengan mempersiapkan peralatan dan bahan seperti yang telah disebutkan pada sub bab 4.2 dan sub bab 4.3.

4.6.3 Tahap Pengujian Agregat

Tahapan pengujian agregat dilaksanakan dengan maksud memeriksa dan menguji agregat halus dan kasar yang akan digunakan dalam penelitian. Pada tahapan ini dilakukan beberapa pengujian yakni sebagai berikut.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Berdasarkan SNI 03-1970-1990, pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Benda uji dikeringkan dengan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat benda uji tetap. Berat benda uji tetap didapatkan dengan 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven berturut dengan jangka waktu 2 jam dan tidak menunjukkan adanya perubahan kadar air yang lebih besar dari 0,1%. Selanjutnya benda uji didinginkan dalam suhu ruang dan direndam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- b. Air perendaman dibuang dengan perlahan dan diperhatikan agar tidak ada butiran yang terbang, selanjutnya agregat disebarkan pada atas talam dan dikeringkan dengan cara dibalik-balikkan pada udara panas hingga mencapai keadaan kering permukaan jenuh.

- c. Keadaan kering permukaan jenuh diperiksa menggunakan kerucut terpancung, pemeriksaan ini dilakukan dengan memasukkan benda uji kedalam kerucut terpancung dan dilakukan pemadatan sebanyak 25 kali menggunakan batang penumbuk, selanjutnya permukaannya diratakan. Selanjutnya kerucut terpancung diangkat, apabila benda uji runtuh namun tetap dalam kondisi tercetak maka keadaan kering permukaan jenuh telah tercapai.
 - d. Benda uji sebanyak 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer kemudian dilanjutkan dengan pengisian air suling hingga mencapai 90% isi piknometer. Lalu piknometer diputar dan diguncangkan hingga gelembung udara didalamnya tidak terlihat. Dapat pula menggunakan pompa hampa udara atau piknometer yang direbus untuk mempercepat proses namun terdapat hal yang harus diperhatikan yakni tidak diperbolehkan adanya air yang ikut terhisap ketika pompa hampa udara digunakan.
 - e. Piknometer direndam di dalam air dan suhu air diukur agar dapat dilakukan penyesuaian perhitungan dengan suhu air standar yakni 25°C.
 - f. Air ditambahkan hingga mencapai tanda batas.
 - g. Piknometer berisi benda uji dan air ditimbang dengan ketelitian timbangan 0,1 gram (Bt).
 - h. Benda uji dikeluarkan dari piknometer dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat tetap, selanjutnya benda uji didinginkan menggunakan desikator.
 - i. Benda uji yang telah dingin ditimbang (Bk).
 - j. Piknometer diisi air penuh dan ditimbang untuk menentukan berat piknometer berisi air penuh (B) dan suhu air diukur agar dapat dilakukan penyesuaian perhitungan dengan suhu air standar yakni 25°C.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
- Berdasarkan SNI 03-1969-1990, pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut.
- a. Benda uji dicuci agar terbebas dari debu atau bahan lainnya pada permukaan.

- b. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap. Pengeringan ini tidak perlu dilakukan apabila penyerapan dan harga berat jenis digunakan pada pekerjaan beton yakni agregat digunakan pada kadar air asli.
 - c. Benda uji dikeluarkan dan didinginkan selama 1-3 jam pada suhu kamar. Selanjutnya benda uji ditimbang hingga ketelitian 0,5 gram (Bk).
 - d. Benda uji direndam pada air selama (24 ± 4) jam dengan suhu kamar.
 - e. Benda uji dikeluarkan dari air dan dilap dengan kain hingga permukaan benda uji terbebas dari selaput air.
 - f. Benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh ditimbang (Bj).
 - g. Benda uji diletakkan di dalam keranjang kemudian diguncangkan agar udara yang tersekap didalamnya dapat keluar. Kemudian berat benda uji dalam air (Ba) ditentukan dan suhu air diukur agar dapat dilakukan penyesuaian perhitungan dengan suhu standar yakni 25°C .
3. Pengujian analisa saringan agregat halus
- Berdasarkan SNI 03-1968-1990, pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.
- a. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap.
 - b. Benda uji dikeluarkan dan didinginkan selama 1-3 jam, selanjutnya benda uji ditimbang hingga ketelitian 0,5 gram.
 - c. Saringan diatur dengan lubang terbesar pada bagian atas dan lubang terkecil pada bagian bawah. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam saringan dan saringan diguncang secara manual atau menggunakan mesin pengguncang selama 10-15 menit.
 - d. Benda uji dikeluarkan dari setiap ukuran saringan dan diletakkan pada talam sesuai dengan ukurannya. Selanjutnya benda uji pada setiap talam ditimbang.
4. Pengujian analisa saringan agregat kasar
- Berdasarkan SNI 03-1968-1990, pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap.
 - b. Benda uji dikeluarkan dan didinginkan selama 1-3 jam, selanjutnya benda uji ditimbang hingga ketelitian 0,5 gram.
 - c. Saringan diatur dengan lubang terbesar pada bagian atas dan lubang terkecil pada bagian bawah. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam saringan dan saringan diguncang secara manual atau menggunakan mesin pengguncang selama 10-15 menit.
 - d. Benda uji dikeluarkan dari setiap ukuran saringan dan diletakkan pada talam sesuai dengan ukurannya. Selanjutnya benda uji pada setiap talam ditimbang
5. Pengujian berat volume padat/gembur agregat halus
- Berdasarkan SNI 03-4804-1998, pengujian berat volume padat/gembur agregat halus dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.
- a. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap.
 - b. Benda uji dikeluarkan dan didinginkan selama 1-3 jam, selanjutnya benda uji ditimbang hingga ketelitian 0,5 gram.
 - c. Silinder/tabung ukur diletakkan pada tempat dengan permukaan rata selanjutnya pengujian dilakukan dengan dua kondisi yakni volume padat dan volume gembur. Pengujian berat volume padat dilakukan dengan pengisian tabung dengan benda uji per 1/3 bagian dan setiap bagiannya dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali secara menyeluruh dan diratakan, kemudian pekerjaan dilakukan hingga volume penuh. Sementara itu, pengujian berat volume gembur dilakukan dengan pengisian tabung dengan benda uji hingga penuh tanpa dilakukannya pemadatan, kemudian permukaan diratakan.
 - d. Berat tabung berisi benda uji ditimbang.
 - e. Volume tabung dihitung.

6. Pengujian berat volume padat/gembur agregat kasar

Berdasarkan SNI 03-4804-1998, pengujian berat volume padat/gembur agregat halus dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap.
- b. Benda uji dikeluarkan dan didinginkan selama 1-3 jam, selanjutnya benda uji ditimbang hingga ketelitian 0,5 gram.
- c. Silinder/tabung ukur diletakkan pada tempat dengan permukaan rata selanjutnya pengujian dilakukan dengan dua kondisi yakni volume padat dan volume gembur. Pengujian berat volume padat dilakukan dengan pengisian tabung dengan benda uji per 1/3 bagian dan setiap bagiannya dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali secara menyeluruh dan diratakan, kemudian pekerjaan dilakukan hingga volume penuh. Sementara itu, pengujian berat volume gembur dilakukan dengan pengisian tabung dengan benda uji hingga penuh tanpa dilakukannya pemadatan, kemudian permukaan diratakan.
- d. Berat tabung berisi benda uji ditimbang.
- e. Volume tabung dihitung.

7. Pengujian lolos saringan No. 200

Berdasarkan SNI 03-4142-1996, pengujian lolos saringan No. 200 dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap kemudian ditimbang hingga ketelitian 0,1 gram.
- b. Benda uji diletakkan pada saringan kemudian air dialirkan di atasnya.
- c. Benda uji pada saringan digerakkan menggunakan aliran air hingga bagian halus dari benda uji dapat lolos saringan No. 200 dan bagian kasar tertahan pada saringan.
- d. Pekerjaan pada sub butir c dilakukan dan diulangi hingga air dari pencucian tetap jernih.
- e. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap kemudian ditimbang hingga ketelitian 0,1 gram.

4.6.4 Tahap Perencanaan Campuran Beton

Tahapan ini dimaksudkan untuk membuat rencana campuran beton yang akan dibuat. Perencanaan campuran beton dilakukan dengan metode SNI 03-2834-2000 seperti yang telah dijabarkan pada sub bab 4.5 dengan data yang ditentukan dan diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya.

4.6.5 Tahap Pembuatan Beton

Pembuatan benda uji terdiri dari beberapa tahapan yakni persiapan dan proses pembuatan benda uji. Tahapan tersebut yakni sebagai berikut.

1. Persiapan alat

Berikut ini merupakan peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan beton.

- a. *Mixer beton*
- b. Timbangan kasar/halus
- c. Gelas ukur
- d. Cetakan silinder
- e. Talam
- f. Alat uji slump
- g. Penggaris
- h. Ember
- i. Sekop/cetok
- j. Pipet penyedot

2. Persiapan cetakan/bekisting

Tahapan persiapan cetakan/bekisting antara lain sebagai berikut.

- a. Cetakan dibersihkan sehingga tidak terdapat kerak, sisa beton, atau kotoran lainnya.
- b. Pengunci/baut cetakan dikencangkan sehingga ukuran dari cetakan tidak berubah dan tidak bocor.
- c. Bagian dalam cetakan diolesi oli bekas menggunakan kuas sehingga nantinya cetakan mudah dibuka.
- d. Tempat dengan permukaan rata untuk meletakkan benda uji disiapkan sehingga didapatkan hasil yang maksimal.

3. Proses pembuatan beton

Tahapan pembuatan beton antara lain sebagai berikut.

- a. Agregat halus dan agregat kasar dikondisikan dalam keadaan jenuh kering permukaan / *saturated surface dry* (SSD) sehingga dalam proses pekerjaan pencampuran beton jumlah air dapat sesuai dengan rencana dan tidak dilakukan pengurangan atau penambahan air.
- b. Bahan ditimbang sesuai dengan perencanaan campuran beton yang dilakukan sebelumnya. Pada proses penimbangan dilakukan penambahan sekitar 10 – 20% untuk setiap bahan agar tidak terjadi kekurangan sebab menempel pada *mixer* atau pada proses lainnya.
- c. Bahan dimasukkan ke dalam *mixer* secara kering sedikit-sedikit selanjutnya air dimasukkan.
- d. Pada saat pencampuran, sebagai koreksi maka air disisakan sedikit.
- e. Adukan dituangkan ke talam saat campuran telah homogen. Kemudian uji slump dilakukan berdasarkan SNI 03-1972-1990 dengan tahapan sebagai berikut.
 - 1) Cetakan dan pelat (talam) dibasahi menggunakan kain basah.
 - 2) Cetakan diletakkan pada atas pelat dan ditahan secara kokoh.
 - 3) Cetakan diisi beton segar dengan 3 tahap. Setiap tahapannya dilakukan pengisian cetakan dengan beton segar sejumlah $\frac{1}{3}$ isi cetakan kemudian ditusuk menggunakan tongkat pemadat secara menyeluruh hingga 25 kali tusukan.
 - 4) Permukaan benda uji diratakan menggunakan tongkat dan area sekitar cetakan dibersihkan hingga terbebas dari sisa benda uji yang berserakan. Selanjutnya cetakan diangkat secara perlahan dan tegak lurus. Proses pekerjaan pada sub butir (2) dan (3) diharuskan selesai dalam waktu 2,5 menit.
 - 5) Cetakan dibalikkan dan diletakkan pada sisi samping benda uji secara perlahan kemudian slump diukur dengan cara pengukuran perbedaan tinggi antara cetakan dan benda uji.

- f. Setelah nilai slump dinyatakan memenuhi, selanjutnya adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan dengan cara dibagi dalam 3 lapis. Setiap lapisnya diisi dengan adukan sejumlah $\frac{1}{3}$ bagian dari cetakan, kemudian adukan beton ditusuk sebanyak 25 kali secara merata. Pekerjaan ini dilakukan hingga cetakan penuh. Selain itu, pemadatan juga dapat dilakukan dengan meja getar dan atau palu karet dengan dipukulkan pada dinding bagian luar cetakan. Pemadatan dilakukan agar beton padat dan tidak terdapat rongga pada bagian dalam beton atau permukaannya.
- g. Permukaan beton diratakan dengan cetok atau alat lainnya.
- h. Cetakan dan beton pada kondisi basah ditimbang.
- i. Setelah 1 jam awal, air yang keluar dari beton akibat *bleeding* diambil menggunakan pipet.
- j. Air akibat *bleeding* diukur dalam mililiter/cc.
- k. Setelah 24 jam, cetakan dibuka dengan perlahan dan diberi tanda khusus pada setiap benda uji.

4.6.6 Tahap Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan untuk menjaga kelembaban beton. Hal tersebut dimaksudkan agar beton tidak kehilangan air secara cepat dan diperoleh mutu beton maksimum. Perawatan beton dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya ialah metode perendaman yang akan digunakan pada penelitian ini. Perendaman benda uji beton dalam air dilakukan selama ± 28 hari.

4.6.7 Tahap Pengujian Beton

Pengujian beton yang dilakukan pada penelitian ini ialah pengujian kuat tekan beton dan pengujian kuat tarik belah beton dengan tahapan sebagai berikut.

1. Berdasarkan SNI 03-1974-1990, pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan beberapa tahapan yakni sebagai berikut.
 - a. Benda uji disiapkan dan diambil dari bak perendaman pada waktu 24 jam sebelum dilakukannya pengujian kuat tekan. Selanjutnya benda uji dibersihkan menggunakan kain lap agar terbebas dari kotoran yang menempel.
 - b. Benda uji ditimbang dan diukur.

- c. Benda uji dilapisi (*capping*) pada bagian permukaan atas dan bawah menggunakan mortar belerang.
 - d. Benda uji diletakkan dan diposisikan secara sentris pada mesin tekan.
 - e. Mesin tekan dioperasikan dengan penambahan beban konstan berkisar 2 sampai dengan 4 kg/cm² per detik.
 - f. Pembebanan dilakukan hingga benda uji hancur dan beban maksimum yang terjadi saat pengujian dicatat.
 - g. Bentuk pecah dan keadaan benda uji digambarkan dan dicatat.
2. Berdasarkan SNI 03-2491-2002, pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan beberapa tahapan yakni sebagai berikut.
- a. Benda uji ditimbang dan diukur diameter serta tingginya.
 - b. Benda uji diberi tanda dengan membuat garis tengah menggunakan alat bantu dari setiap sisi ujung benda uji. Kedua garis tengah tersebut diharuskan terletak pada bidang aksial yang sama.
 - c. Apabila pelat atau batang penekan tambahan diperlukan, pelat atau batang penekan tambahan diletakkan secara simetris pada atas meja tekan bagian bawah dari mesin uji tekan.
 - d. Salah satu dari dua buah bantalan bantu pembebanan diletakkan pada atas meja tekan bagian bawah mesin uji tekan dan diposisikan pada bagian tengah. Namun, apabila menggunakan pelat atau batang penekan tambahan maka bantalan bantu pembebanan diletakkan di atas pelat atau batang penekan tambahan.
 - e. Benda uji diletakkan di atas bantalan bantu pembebanan dengan posisi tanda garis tengah dari benda uji tegak lurus dengan titik tengah bantalan bantu pembebanan.
 - f. Bantalan bantu pembebanan kedua diletakkan di atas benda uji dengan posisi titik tengah bantalan bantu pembebanan berpotongan dengan garis tengah dari benda uji pada bagian ujung silinder. Selanjutnya apabila menggunakan pelat atau batang penekan tambahan, maka pelat atau batang penekan tambahan diletakkan di atas bantalan bantu pembebanan tersebut.
 - g. Posisi pengujian diatur sampai dalam keadaan sebagai berikut.

- 1) Titik tengah dari meja penekan bagian atas mesin uji berpotongan dengan proyeksi dari bidang yang telah diberi tanda garis tengah di kedua ujung benda uji.
 - 2) Apabila dalam pengujian pelat atau batang penekan tambahan digunakan maka titik tengah dari pelat atau batang penekan tambahan dan titik tengah dari benda uji diharuskan terletak tepat di bawah titik tengah dari meja penekan bagian atas mesin uji.
- h. Mesin uji tekan dioperasikan dengan pemberian beban secara menerus dan tidak disertai sentakan. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan konstan yakni 0,7 – 1,4 MPa per menit hingga benda uji hancur. Sementara itu, untuk benda uji dengan bentuk silinder berukuran diameter 150 mm dan panjang 300 mm digunakan kecepatan pembebanan sebesar 50 – 100 kN per menit.

4.6.8 Tahap Pengolahan Data

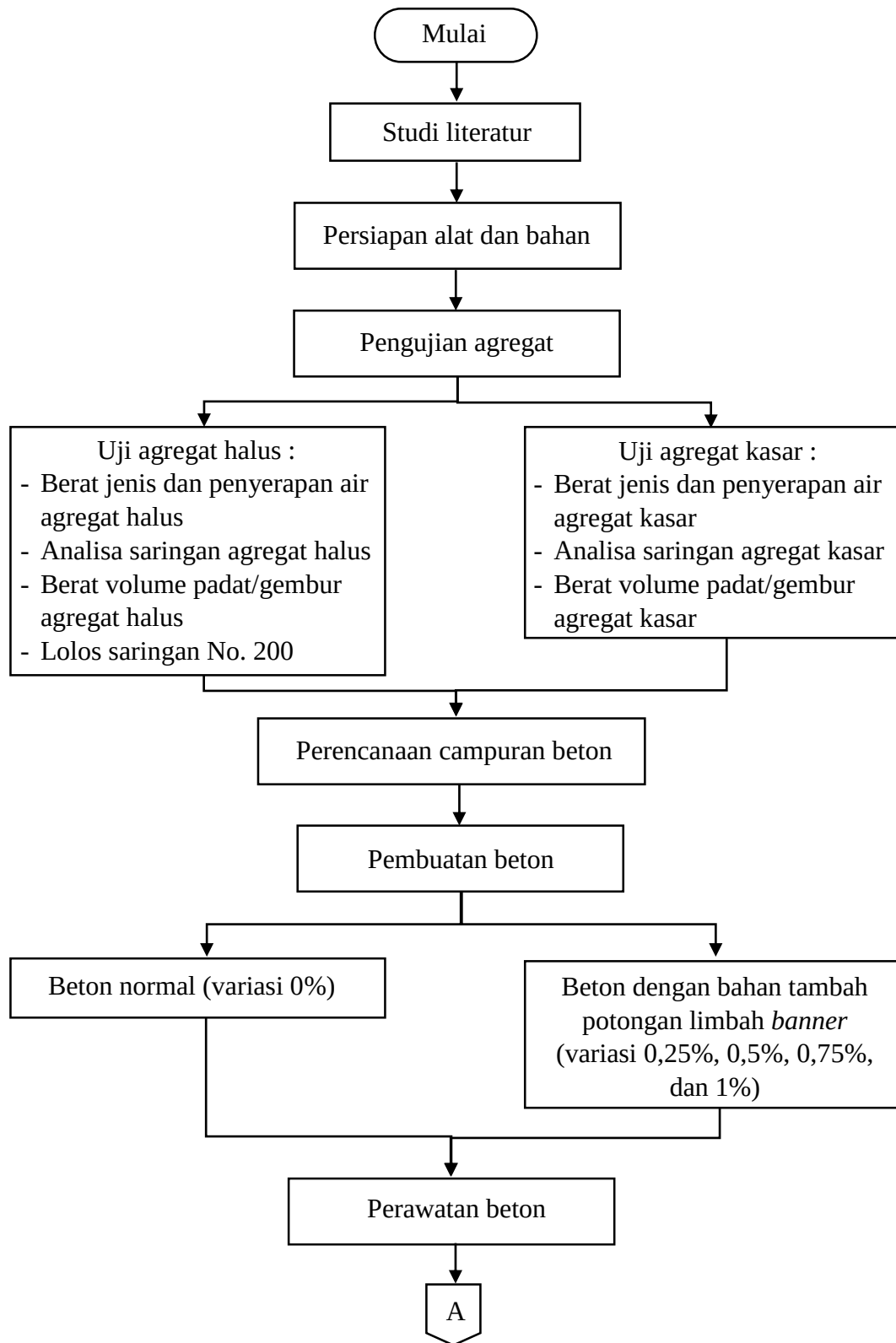
Tahapan ini merupakan proses dilakukannya pengolahan dan analisis data yang telah didapatkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Selanjutnya dari pengolahan data dilakukan pembahasan terkait data hasil pengujian dengan tujuan penelitian mengenai kuat tarik belah beton dengan bahan tambah serat potongan limbah *banner*.

4.6.9 Tahap Kesimpulan

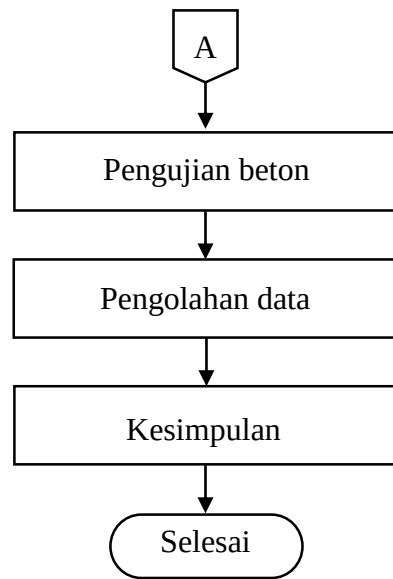
Pada tahap ini dibuat suatu kesimpulan dari data yang diperoleh dan pembahasan hasil pengujian yang telah dilakukan sebagai hasil dari penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.10 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada bab ini akan diuraikan mengenai hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Data yang diperoleh meliputi data material berupa berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan kasar, analisa saringan agregat halus dan kasar, berat volume padat/gembur agregat halus dan kasar, kandungan lumpur pada agregat halus, dan data hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan penambahan serat berupa potongan limbah *banner* dengan ukuran panjang 100 mm dan lebar 3 mm.

5.2 Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan guna penentuan rencana campuran beton. Pada penelitian ini digunakan agregat halus dan kasar yang berasal dari Kulon Progo. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dapat terbagi sebagai berikut.

5.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat pasir kering mutlak, gram	(Bk)	489	489	-
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	(Bj)	500	500	-
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram	(Bt)	1034	1028	-
Berat piknometer berisi air, gram	(B)	733	714	-

Lanjutan Tabel 5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat jenis curah	$B_k / (B + 500 - B_t)$	2,4573	2,6290	2,5432
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	$B_j / (B + 500 - B_t)$	2,5126	2,6882	2,6004
Berat jenis semu	$B_k / (B + B_k - B_t)$	2,6012	2,7943	2,6977
Penyerapan air	$((500 - B_k) / B_k) \times 100\%$	2,2495%	2,2495%	2,2495%

Hasil dari pengujian yang dilakukan menunjukkan agregat halus memiliki nilai berat jenis curah sebesar 2,5432, berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar 2,6004, berat jenis semu sebesar 2,6977, dan penyerapan air sebesar 2,2495%. Besaran berat jenis tersebut telah sesuai dengan batas minimum dan maksimum berat jenis agregat normal yang dikemukakan oleh Tjokrodinuljo (1996) yakni sebesar 2,5 – 2,7.

5.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat kerikil kering mutlak, gram	(B _k)	4952	4942	-
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	(B _j)	5000	5000	-
Berat kerikil dalam air, gram	(B _a)	3093	3083	-
Berat jenis curah	$B_k / (B_j - B_a)$	2,5968	2,5780	2,5874
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	$B_j / (B_j - B_a)$	2,6219	2,6082	2,6152
Berat jenis semu	$B_k / (B_k - B_a)$	2,6638	2,6584	2,6611
Penyerapan air	$((B_j - B_k) / B_k) \times 100\%$	0,9693%	1,1736%	1,0715%

Hasil dari pengujian yang dilakukan menunjukkan agregat kasar memiliki nilai berat jenis curah sebesar 2,5874, berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar 2,6152, berat jenis semu sebesar 2,6611, dan penyerapan air sebesar 1,0715%. Besaran berat jenis tersebut telah sesuai dengan batas minimum dan maksimum berat jenis agregat normal yang dikemukakan oleh Tjokrodinuljo (1996) yakni sebesar 2,5 – 2,7.

5.2.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan dengan menggunakan 2 sampel. Hasil dari pengujian sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
10	0	0	0	100
4,8	4	0,2	0,2	99,8
2,4	68	3,4	3,6	96,4
1,2	202	10,1	13,7	86,3
0,6	508	25,4	39,1	60,9
0,3	604	30,2	69,3	30,7
0,15	506	25,3	94,6	5,4
Sisa	108	5,4	100	0
Jumlah	2000	100	220,5	
Modulus halus butir				2,205

Berikut ini merupakan penjabaran perhitungan analisa saringan agregat halus sampel 1.

1. Berat tertinggal (gram)

- a. Lubang ayakan 10 mm = 0 gram
- b. Lubang ayakan 4,8 mm = 4 gram
- c. Lubang ayakan 2,4 mm = 68 gram
- d. Lubang ayakan 1,2 mm = 202 gram
- e. Lubang ayakan 0,6 mm = 508 gram
- f. Lubang ayakan 0,3 mm = 604 gram
- g. Lubang ayakan 0,15 mm = 506 gram

h. Sisa	= 108 gram
Jumlah keseluruhan	= 2000 gram

2. Berat tertinggal (%)

a. Lubang ayakan 10 mm	= $0 / 2000 \times 100\%$	= 0%
b. Lubang ayakan 4,8 mm	= $4 / 2000 \times 100\%$	= 0,2%
c. Lubang ayakan 2,4 mm	= $68 / 2000 \times 100\%$	= 3,4%
d. Lubang ayakan 1,2 mm	= $202 / 2000 \times 100\%$	= 10,1%
e. Lubang ayakan 0,6 mm	= $508 / 2000 \times 100\%$	= 25,4%
f. Lubang ayakan 0,3 mm	= $604 / 2000 \times 100\%$	= 30,2%
g. Lubang ayakan 0,15 mm	= $506 / 2000 \times 100\%$	= 25,3%
h. Sisa	= $108 / 2000 \times 100\%$	= 5,4%
Jumlah keseluruhan	= 100%	

3. Berat tertinggal kumulatif (%)

a. Lubang ayakan 10 mm	= 0%	
b. Lubang ayakan 4,8 mm	= $0\% + 0,2\%$	= 0,2%
c. Lubang ayakan 2,4 mm	= $0,2\% + 3,4\%$	= 3,6%
d. Lubang ayakan 1,2 mm	= $3,6\% + 10,1\%$	= 13,7%
e. Lubang ayakan 0,6 mm	= $13,7\% + 25,4\%$	= 39,1%
f. Lubang ayakan 0,3 mm	= $39,1\% + 30,2\%$	= 69,3%
g. Lubang ayakan 0,15 mm	= $69,3\% + 25,3\%$	= 94,6%
h. Sisa	= $94,6\% + 5,4\%$	= 100%

4. Persen lolos kumulatif (%)

a. Lubang ayakan 10 mm	= $100\% - 0\%$	= 100%
b. Lubang ayakan 4,8 mm	= $100\% - 0,2\%$	= 99,8%
c. Lubang ayakan 2,4 mm	= $100\% - 3,6\%$	= 96,4%
d. Lubang ayakan 1,2 mm	= $100\% - 13,7\%$	= 86,3%
e. Lubang ayakan 0,6 mm	= $100\% - 39,1\%$	= 60,9%
f. Lubang ayakan 0,3 mm	= $100\% - 69,3\%$	= 30,7%
g. Lubang ayakan 0,15 mm	= $100\% - 94,6\%$	= 5,4%
h. Sisa	= $100\% - 100\%$	= 0%

5. Modulus halus butir

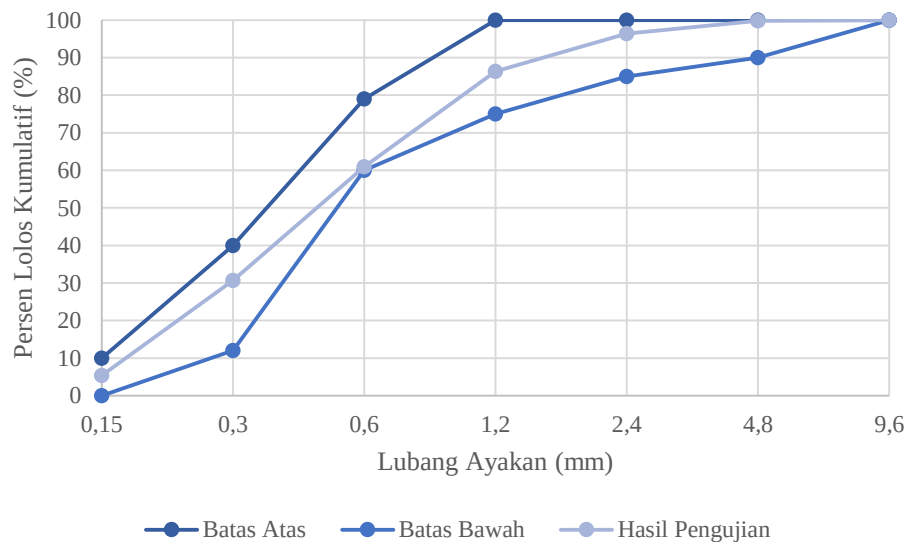
$$\begin{aligned}
 \text{a. Modulus halus butir (MHB)} &= \frac{\text{Berat tertinggal kumulatif (\%)}}{100} \\
 &= \frac{220,5\%}{100} \\
 &= 2,205\%
 \end{aligned}$$

$$\text{b. Jenis pasir} = \text{Daerah III (pasir agak halus)}$$

Dari analisa perhitungan diatas dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan termasuk dalam pasir agak halus dengan batas atas dan bawah seperti dalam Tabel 5.4 dan Gambar 5.1 berikut.

Tabel 5.4 Gradasi Agregat Halus Daerah III (Sampel 1)

Lubang Ayakan (mm)	Batas Bawah	Hasil Pengujian	Batas Atas
10,00	100	100	100
4,80	90	99,8	100
2,40	85	96,4	100
1,20	75	86,3	100
0,60	60	60,9	100
0,30	12	30,7	50
0,15	0	5,4	15



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1

Agar data lebih akurat, pengujian dilakukan dengan 2 sampel. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
10	0	0	0	100
4,8	9	0,45	0,45	99,55
2,4	70	3,5	3,95	96,05
1,2	198	9,9	13,85	86,15
0,6	497	24,85	38,7	61,3
0,3	599	29,95	68,65	31,35
0,15	513	25,65	94,3	5,7
Sisa	114	5,7	100	0
Jumlah	2000	100	219,9	
Modulus halus butir				2,199

Berikut ini merupakan penjabaran perhitungan analisa saringan agregat halus sampel 2.

1. Berat tertinggal (gram)

- a. Lubang ayakan 10 mm = 0 gram
- b. Lubang ayakan 4,8 mm = 9 gram
- c. Lubang ayakan 2,4 mm = 70 gram
- d. Lubang ayakan 1,2 mm = 198 gram
- e. Lubang ayakan 0,6 mm = 497 gram
- f. Lubang ayakan 0,3 mm = 599 gram
- g. Lubang ayakan 0,15 mm = 513 gram
- h. Sisa = 114 gram
- Jumlah keseluruhan = 2000 gram

2. Berat tertinggal (%)

- a. Lubang ayakan 10 mm = $0 / 2000 \times 100\%$ = 0%
- b. Lubang ayakan 4,8 mm = $9 / 2000 \times 100\%$ = 0,45%
- c. Lubang ayakan 2,4 mm = $70 / 2000 \times 100\%$ = 3,5%
- d. Lubang ayakan 1,2 mm = $198 / 2000 \times 100\%$ = 9,9%
- e. Lubang ayakan 0,6 mm = $497 / 2000 \times 100\%$ = 24,85%
- f. Lubang ayakan 0,3 mm = $599 / 2000 \times 100\%$ = 29,95%
- g. Lubang ayakan 0,15 mm = $513 / 2000 \times 100\%$ = 25,65%

$$\begin{aligned} \text{h. Sisa} &= 114 / 2000 \times 100\% = 5,7\% \\ \text{Jumlah keseluruhan} &= 100\% \end{aligned}$$

3. Berat tertinggal kumulatif (%)

$$\begin{aligned} \text{a. Lubang ayakan 10 mm} &= 0\% \\ \text{b. Lubang ayakan 4,8 mm} &= 0\% + 0,45\% = 0,45\% \\ \text{c. Lubang ayakan 2,4 mm} &= 0,45\% + 3,5\% = 3,95\% \\ \text{d. Lubang ayakan 1,2 mm} &= 3,95\% + 9,9\% = 13,85\% \\ \text{e. Lubang ayakan 0,6 mm} &= 13,85\% + 24,85\% = 38,7\% \\ \text{f. Lubang ayakan 0,3 mm} &= 38,7\% + 29,95\% = 68,65\% \\ \text{g. Lubang ayakan 0,15 mm} &= 68,65\% + 25,65\% = 94,3\% \\ \text{h. Sisa} &= 94,3\% + 5,7\% = 100\% \end{aligned}$$

4. Persen lolos kumulatif (%)

$$\begin{aligned} \text{a. Lubang ayakan 10 mm} &= 100\% - 0\% = 100\% \\ \text{b. Lubang ayakan 4,8 mm} &= 100\% - 0,45\% = 99,55\% \\ \text{c. Lubang ayakan 2,4 mm} &= 100\% - 3,95\% = 96,05\% \\ \text{d. Lubang ayakan 1,2 mm} &= 100\% - 13,85\% = 86,15\% \\ \text{e. Lubang ayakan 0,6 mm} &= 100\% - 38,7\% = 61,3\% \\ \text{f. Lubang ayakan 0,3 mm} &= 100\% - 68,65\% = 31,35\% \\ \text{g. Lubang ayakan 0,15 mm} &= 100\% - 94,3\% = 5,7\% \\ \text{h. Sisa} &= 100\% - 100\% = 0\% \end{aligned}$$

5. Modulus halus butir

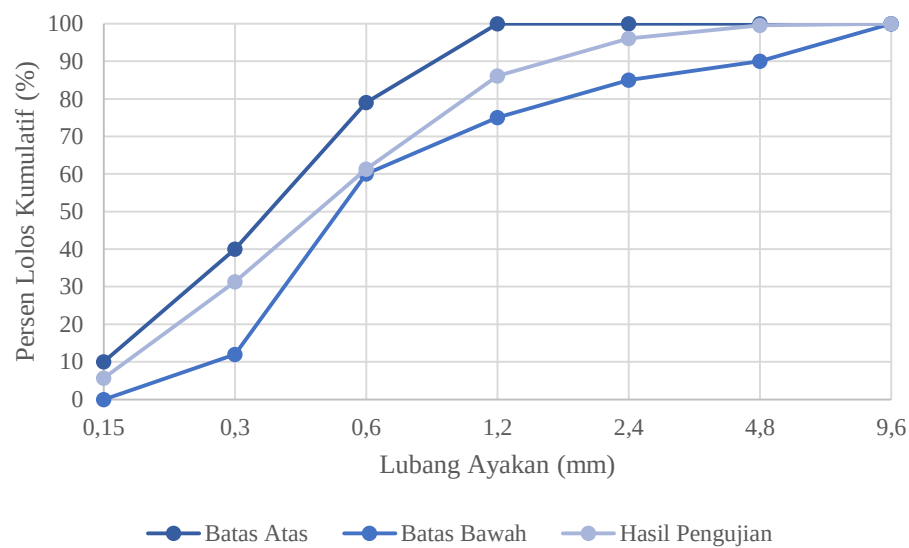
$$\begin{aligned} \text{a. Modulus halus butir (MHB)} &= \frac{\text{Berat tertinggal kumulatif (\%)}}{100} \\ &= \frac{219,9\%}{100} \\ &= 2,199\% \end{aligned}$$

$$\text{b. Jenis pasir} = \text{Daerah III (pasir agak halus)}$$

Dari analisa perhitungan diatas dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan termasuk dalam pasir agak halus dengan batas atas dan bawah seperti dalam Tabel 5.6 dan Gambar 5.2 berikut.

Tabel 5.6 Gradasi Agregat Halus Daerah III (Sampel 2)

Lubang Ayakan (mm)	Batas Bawah	Hasil Pengujian	Batas Atas
10,00	100	100	100
4,80	90	99,55	100
2,40	85	96,05	100
1,20	75	86,15	100
0,60	60	61,3	100
0,30	12	31,35	50
0,15	0	5,7	15

**Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2**

Dari kedua sampel tersebut dapat diperoleh nilai modulus halus butir rata-rata sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 MHB_{rata-rata} &= (2,205 + 2,199) / 2 \\
 &= 2,202
 \end{aligned}$$

Besaran MHB tersebut telah sesuai dalam rentang MHB agregat halus pada umumnya seperti yang dikemukakan oleh Tjokrodimuljo (1996) dan syarat berdasarkan SK SNI-S-04-1989-F yakni 1,5 - 3,8. Sementara itu, baik dari sampel 1 ataupun sampel 2 didapatkan jenis agregat halus yang digunakan masuk ke daerah III yakni pasir agak halus.

5.2.4 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar dilakukan dengan menggunakan 2 sampel. Hasil dari pengujian sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
40	0	0	0	100
20	24	0,48	0,48	99,52
10	3705	74,1	74,58	25,42
4,8	1218	24,36	98,94	1,06
2,4	23	0,46	99,4	0,6
1,2	0	0	99,4	0,6
0,6	0	0	99,4	0,6
0,3	0	0	99,4	0,6
0,15	0	0	99,4	0,6
Sisa	30	0,6	100	0
Jumlah	5000	100	671	
Modulus halus butir				6,710

Berikut ini merupakan penjabaran perhitungan analisa saringan agregat kasar sampel 1.

1. Berat tertinggal (gram)

- a. Lubang ayakan 40 mm = 0 gram
- b. Lubang ayakan 20 mm = 24 gram
- c. Lubang ayakan 10 mm = 3705 gram
- d. Lubang ayakan 4,8 mm = 1218 gram
- e. Lubang ayakan 2,4 mm = 23 gram
- f. Lubang ayakan 1,2 mm = 0 gram
- g. Lubang ayakan 0,6 mm = 0 gram
- h. Lubang ayakan 0,3 mm = 0 gram
- i. Lubang ayakan 0,15 mm = 0 gram
- j. Sisa = 30 gram
- Jumlah keseluruhan = 5000 gram

2. Berat tertinggal (%)

a. Lubang ayakan 40 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
b. Lubang ayakan 20 mm	$= 24 / 5000 \times 100\%$	$= 0,48\%$
c. Lubang ayakan 10 mm	$= 3705 / 5000 \times 100\%$	$= 74,1\%$
d. Lubang ayakan 4,8 mm	$= 1218 / 5000 \times 100\%$	$= 24,36\%$
e. Lubang ayakan 2,4 mm	$= 23 / 5000 \times 100\%$	$= 0,46\%$
f. Lubang ayakan 1,2 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
g. Lubang ayakan 0,6 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
h. Lubang ayakan 0,3 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
i. Lubang ayakan 0,15 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
j. Sisa	$= 30 / 5000 \times 100\%$	$= 0,6\%$
Jumlah keseluruhan	$= 100\%$	

3. Berat tertinggal kumulatif (%)

a. Lubang ayakan 40 mm	$= 0\%$	
b. Lubang ayakan 20 mm	$= 0\% + 0,48\%$	$= 0,48\%$
c. Lubang ayakan 10 mm	$= 0,48\% + 74,1\%$	$= 74,58\%$
d. Lubang ayakan 4,8 mm	$= 74,58\% + 24,36\%$	$= 98,94\%$
e. Lubang ayakan 2,4 mm	$= 98,94\% + 0,46\%$	$= 99,4\%$
f. Lubang ayakan 1,2 mm	$= 99,4\% + 0\%$	$= 99,4\%$
g. Lubang ayakan 0,6 mm	$= 99,4\% + 0\%$	$= 99,4\%$
h. Lubang ayakan 0,3 mm	$= 99,4\% + 0\%$	$= 99,4\%$
i. Lubang ayakan 0,15 mm	$= 99,4\% + 0\%$	$= 99,4\%$
j. Sisa	$= 99,4\% + 0,6\%$	$= 100\%$

4. Persen lolos kumulatif (%)

a. Lubang ayakan 40 mm	$= 100\% - 0\%$	$= 100\%$
b. Lubang ayakan 20 mm	$= 100\% - 0,48\%$	$= 99,52\%$
c. Lubang ayakan 10 mm	$= 100\% - 74,58\%$	$= 25,42\%$
d. Lubang ayakan 4,8 mm	$= 100\% - 98,94\%$	$= 1,06\%$
e. Lubang ayakan 2,4 mm	$= 100\% - 99,4\%$	$= 0,6\%$
f. Lubang ayakan 1,2 mm	$= 100\% - 99,4\%$	$= 0,6\%$
g. Lubang ayakan 0,6 mm	$= 100\% - 99,4\%$	$= 0,6\%$

- h. Lubang ayakan 0,3 mm = 100% - 99,4% = 0,6%
- i. Lubang ayakan 0,15 mm = 100% - 99,4% = 0,6%
- j. Sisa = 100% - 100% = 0%

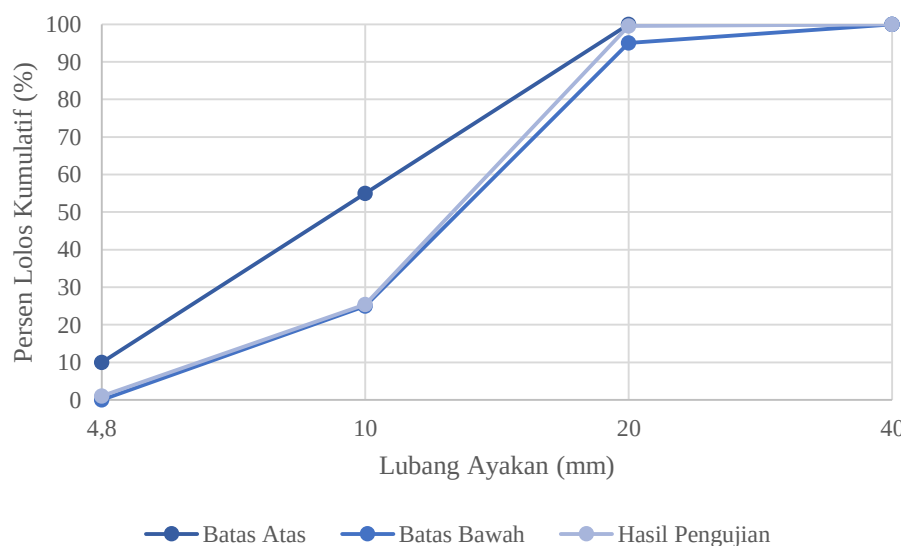
5. Modulus halus butir

- a. Modulus halus butir (MHB)
$$= \frac{\text{Berat tertinggal kumulatif (\%)}}{100}$$
$$= \frac{671\%}{100}$$
$$= 6,71\%$$
- b. Besar butir maksimum = 20 mm

Dari analisa perhitungan diatas dapat diketahui bahwa agregat kasar yang digunakan pada sampel 1 termasuk dalam besar butir maksimum 20 mm dengan batas atas dan bawah seperti dalam Tabel 5.8 dan Gambar 5.3 berikut.

Tabel 5.8 Gradasi Agregat Kasar Butir Maksimum 20 mm (Sampel 1)

Lubang Ayakan (mm)	Batas Bawah	Hasil Pengujian	Batas Atas
40,00	100	100	100
20,00	95	99,52	100
10,00	25	25,42	55
4,80	0	1,06	10



Gambar 5.3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1

Agat data lebih akurat, pengujian dilakukan dengan 2 sampel. Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
40	0	0	0	100
20	57	1,14046	1,14046	98,85954
10	3679	73,60944	74,74990	25,25010
4,8	1157	23,14926	97,89916	2,10084
2,4	40	0,80032	98,69948	1,30052
1,2	0	0	98,69948	1,30052
0,6	0	0	98,69948	1,30052
0,3	0	0	98,69948	1,30052
0,15	0	0	98,69948	1,30052
Sisa	65	1,30052	100	0
Jumlah	4998	100	667,28691	
Modulus halus butir				6,67287

Berikut ini merupakan penjabaran perhitungan analisa saringan agregat kasar sampel 2.

1. Berat tertinggal (gram)

- a. Lubang ayakan 40 mm = 0 gram
- b. Lubang ayakan 20 mm = 57 gram
- c. Lubang ayakan 10 mm = 3679 gram
- d. Lubang ayakan 4,8 mm = 1157 gram
- e. Lubang ayakan 2,4 mm = 40 gram
- f. Lubang ayakan 1,2 mm = 0 gram
- g. Lubang ayakan 0,6 mm = 0 gram
- h. Lubang ayakan 0,3 mm = 0 gram
- i. Lubang ayakan 0,15 mm = 0 gram
- j. Sisa = 65 gram
- Jumlah keseluruhan = 4998 gram

2. Berat tertinggal (%)

- a. Lubang ayakan 40 mm = $0 / 5000 \times 100\%$ = 0%

b. Lubang ayakan 20 mm	$= 57 / 5000 \times 100\%$	$= 1,14046\%$
c. Lubang ayakan 10 mm	$= 3679 / 5000 \times 100\%$	$= 73,60944\%$
d. Lubang ayakan 4,8 mm	$= 1157 / 5000 \times 100\%$	$= 23,14926\%$
e. Lubang ayakan 2,4 mm	$= 40 / 5000 \times 100\%$	$= 0,80032\%$
f. Lubang ayakan 1,2 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
g. Lubang ayakan 0,6 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
h. Lubang ayakan 0,3 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
i. Lubang ayakan 0,15 mm	$= 0 / 5000 \times 100\%$	$= 0\%$
j. Sisa	$= 65 / 5000 \times 100\%$	$= 1,30052\%$
Jumlah keseluruhan	$= 100\%$	

3. Berat tertinggal kumulatif (%)

a. Lubang ayakan 40 mm	$= 0\%$	
b. Lubang ayakan 20 mm	$= 0\% + 1,14046\%$	$= 1,14046\%$
c. Lubang ayakan 10 mm	$= 1,14046\% + 73,60944\%$	$= 74,74990\%$
d. Lubang ayakan 4,8 mm	$= 74,74990\% + 23,14926\%$	$= 97,89916\%$
e. Lubang ayakan 2,4 mm	$= 97,89916\% + 0,80032\%$	$= 98,69948\%$
f. Lubang ayakan 1,2 mm	$= 98,69948\% + 0\%$	$= 98,69948\%$
g. Lubang ayakan 0,6 mm	$= 98,69948\% + 0\%$	$= 98,69948\%$
h. Lubang ayakan 0,3 mm	$= 98,69948\% + 0\%$	$= 98,69948\%$
i. Lubang ayakan 0,15 mm	$= 98,69948\% + 0\%$	$= 98,69948\%$
j. Sisa	$= 98,69948\% + 1,30052\%$	$= 100\%$

4. Persen lolos kumulatif (%)

a. Lubang ayakan 40 mm	$= 100\% - 0\%$	$= 100\%$
b. Lubang ayakan 20 mm	$= 100\% - 1,14046\%$	$= 98,85954\%$
c. Lubang ayakan 10 mm	$= 100\% - 74,74990\%$	$= 25,25010\%$
d. Lubang ayakan 4,8 mm	$= 100\% - 97,89916\%$	$= 2,10084\%$
e. Lubang ayakan 2,4 mm	$= 100\% - 98,69948\%$	$= 1,30052\%$
f. Lubang ayakan 1,2 mm	$= 100\% - 98,69948\%$	$= 1,30052\%$
g. Lubang ayakan 0,6 mm	$= 100\% - 98,69948\%$	$= 1,30052\%$
h. Lubang ayakan 0,3 mm	$= 100\% - 98,69948\%$	$= 1,30052\%$
i. Lubang ayakan 0,15 mm	$= 100\% - 98,69948\%$	$= 1,30052\%$

$$j. \text{ Sisa} = 100\% - 100\% = 0\%$$

5. Modulus halus butir

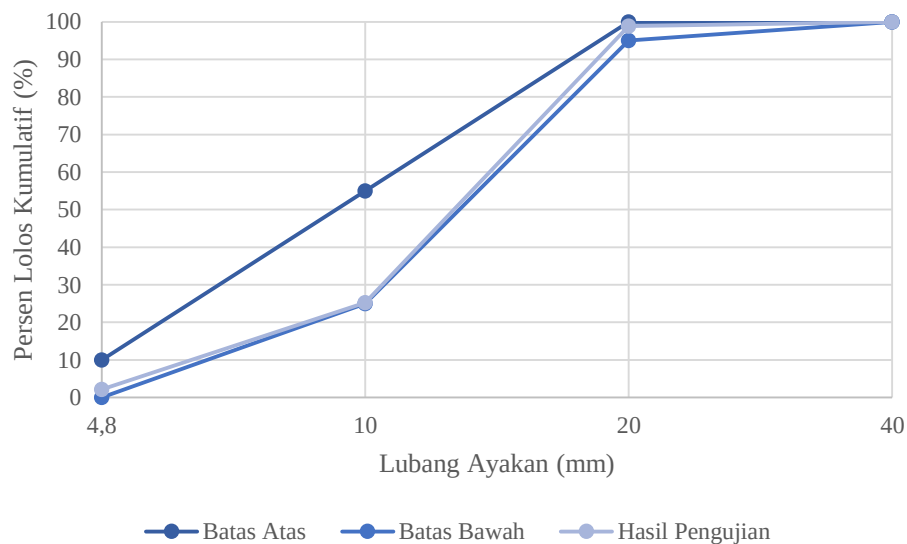
$$\begin{aligned} a. \text{ Modulus halus butir (MHB)} &= \frac{\text{Berat tertinggal kumulatif (\%)}}{100} \\ &= \frac{667,28691\%}{100} \\ &= 6,67287\% \end{aligned}$$

$$b. \text{ Besar butir maksimum} = 20 \text{ mm}$$

Dari analisa perhitungan diatas dapat diketahui bahwa agregat kasar yang digunakan pada sampel 2 termasuk dalam besar butir maksimum 20 mm dengan batas atas dan bawah seperti dalam Tabel 5.10 dan Gambar 5.4 berikut.

Tabel 5.10 Gradasi Agregat Kasar Butir Maksimum 20 mm (Sampel 2)

Lubang Ayakan (mm)	Batas Bawah	Hasil Pengujian	Batas Atas
40,00	100	100	100
20,00	95	98,85954	100
10,00	25	25,25010	55
4,80	0	2,10084	10



Gambar 5.4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2

Dari kedua sampel tersebut dapat diperoleh nilai modulus halus butir rata-rata sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{MHB}_{\text{rata-rata}} &= (6,710 + 6,67287) / 2 \\ &= 6,69144 \end{aligned}$$

Besaran MHB tersebut telah sesuai dalam rentang MHB agregat kasar pada umumnya seperti yang dikemukakan oleh Tjokrodinuljo (1996) yakni 5 – 8 dan telah sesuai syarat SK SNI S-04-1989-F yakni 6,0 – 7,10. Sementara itu, baik dari sampel 1 ataupun sampel 2 didapatkan agregat kasar yang digunakan memiliki besar butir maksimum 20 mm.

5.2.5 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus

Pengujian berat volume agregat halus terdiri dari berat volume padat dan berat volume gembur. Hasil pengujian berat volume padat yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian		Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung, gram	(W1)	11403	11066
Berat tabung + agregat kering tungku, gram	(W2)	19727	19327
Berat agregat, gram	(W3)	8324	8261
Diameter tabung, cm	D	15	15
Tinggi tabung, cm	T	30	30
Volume tabung, cm ³	V	5301,4376	5301,4376
Berat volume padat, gram/cm ³	W3 / V	1,5701	1,5583

Dari data yang diperoleh dari sampel tersebut dapat dilakukan analisis perhitungan. Berikut ini perhitungan berat volume padat agregat halus sampel 1.

1. Berat agregat (W3) = W2 – W1

$$= 19727 - 11403$$

$$= 8324 \text{ gram}$$
2. Volume tabung $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30$$

$$= 5301,4376 \text{ cm}^3$$
3. Berat volume padat $= \frac{W3}{V}$

$$= \frac{8324}{5301,4376}$$

$$= 1,5701 \text{ gram/cm}^3$$

Pada sampel 2 dilakukan perhitungan serupa sehingga didapatkan berat volume padat agregat halus sampel 2, dari data tersebut kemudian diperoleh berat volume padat rata-rata agregat halus sebagai berikut.

$$\text{Berat volume padat} = (1,5701 + 1,5583) / 2$$

$$= 1,5642 \text{ gram/cm}^3$$

Pengujian serupa juga dilakukan pada agregat halus dalam keadaan gembur dengan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian		Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung, gram	(W1)	11403	11066
Berat tabung + agregat kering tungku, gram	(W2)	18276	18039
Berat agregat, gram	(W3)	6873	6973
Diameter tabung, cm	D	15	15
Tinggi tabung, cm	T	30	30
Volume tabung, cm ³	V	5301,4376	5301,4376
Berat volume gembur, gram/cm ³	W3 / V	1,2964	1,3153

Dari data yang diperoleh dari sampel tersebut dapat dilakukan analisis perhitungan. Berikut ini perhitungan berat volume gembur agregat halus sampel 1.

1. Berat agregat (W3) = W2 – W1

$$= 18276 - 11403$$

$$= 6873 \text{ gram}$$
2. Volume tabung $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30$$

$$= 5301,4376 \text{ cm}^3$$
3. Berat volume padat $= \frac{W3}{V}$

$$= \frac{6873}{5301,4376}$$

$$= 1,2964 \text{ gram/cm}^3$$

Pada sampel 2 dilakukan perhitungan serupa sehingga didapatkan berat volume gembur agregat halus sampel 2, dari data tersebut kemudian diperoleh berat volume gembur rata-rata agregat halus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat volume gembur} &= (1,2964 + 1,3153) / 2 \\ &= 1,3059 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus yang dilakukan diperoleh berat volume padat sebesar $1,5642 \text{ gram/cm}^3$ dan berat volume gembur sebesar $1,3059 \text{ gram/cm}^3$. Hasil tersebut telah sesuai dengan rentang berat volume agregat yang dikemukakan oleh Tjokrodinuljo (1996) yakni $1,20 - 1,60$ dan telah sesuai dengan syarat SII No.52-1980 yakni minimal $1,2 \text{ gram/cm}^3$.

5.2.6 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar

Pengujian berat volume agregat kasar terdiri dari berat volume padat dan berat volume gembur. Hasil pengujian berat volume padat yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian		Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung, gram	(W1)	10920	10744
Berat tabung + agregat kering tungku, gram	(W2)	18633	18755
Berat agregat, gram	(W3)	7713	8011
Diameter tabung, cm	D	15	15
Tinggi tabung, cm	T	30	30
Volume tabung, cm^3	V	5301,4376	5301,4376
Berat volume padat, gram/cm^3	$W3 / V$	1,4549	1,5111

Dari data yang diperoleh dari sampel tersebut dapat dilakukan analisis perhitungan. Berikut ini perhitungan berat volume padat agregat kasar sampel 1.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\ &= 18633 - 10920 \\ &= 7713 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2. \text{ Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T \\
&= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 \\
&= 5301,4376 \text{ cm}^3 \\
3. \text{ Berat volume padat} &= \frac{W_3}{V} \\
&= \frac{7713}{5301,4376} \\
&= 1,4549 \text{ gram/cm}^3
\end{aligned}$$

Pada sampel 2 dilakukan perhitungan serupa sehingga didapatkan berat volume padat agregat kasar sampel 2, dari data tersebut kemudian diperoleh berat volume padat rata-rata agregat kasar sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{Berat volume padat} &= (1,4549 + 1,511) / 2 \\
&= 1,4830 \text{ gram/cm}^3
\end{aligned}$$

Pengujian serupa juga dilakukan pada agregat kasar dalam keadaan gembur dengan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian		Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung, gram	(W1)	10920	10744
Berat tabung + agregat kering tungku, gram	(W2)	17671	17880
Berat agregat, gram	(W3)	6751	7136
Diameter tabung, cm	D	15	15
Tinggi tabung, cm	T	30	30
Volume tabung, cm ³	V	5301,4376	5301,4376
Berat volume gembur, gram/cm ³	W3 / V	1,2734	1,3461

Dari data yang diperoleh dari sampel tersebut dapat dilakukan analisis perhitungan. Berikut ini perhitungan berat volume gembur agregat kasar sampel 1.

$$\begin{aligned}
1. \text{ Berat agregat (W3)} &= W_2 - W_1 \\
&= 17671 - 10920 \\
&= 6751 \text{ gram} \\
2. \text{ Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T
\end{aligned}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30$$

$$= 5301,4376 \text{ cm}^3$$

$$3. \text{ Berat volume padat} = \frac{W_3}{V}$$

$$= \frac{6751}{5301,4376}$$

$$= 1,2734 \text{ gram/cm}^3$$

Pada sampel 2 dilakukan perhitungan serupa sehingga didapatkan berat volume gembur agregat kasar sampel 2, dari data tersebut kemudian diperoleh berat volume gembur rata-rata agregat kasar sebagai berikut.

$$\text{Berat volume gembur} = (1,2734 + 1,3461) / 2$$

$$= 1,3097 \text{ gram/cm}^3$$

Berdasarkan pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus yang dilakukan diperoleh berat volume padat sebesar $1,4830 \text{ gram/cm}^3$ dan berat volume gembur sebesar $1,3097 \text{ gram/cm}^3$. Hasil tersebut telah sesuai dengan rentang berat volume agregat yang dikemukakan oleh Tjokrodinuljo (1996) yakni $1,20 - 1,60$ dan telah sesuai dengan syarat SII No.52-1980 yakni minimal $1,2 \text{ gram/cm}^3$.

5.2.7 Pengujian Lolos Saringan No. 200

Pengujian lolos saringan No. 200 dilakukan untuk melihat kandungan lumpur dalam agregat halus. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh data hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Berat Lolos Saringan No. 200

Uraian		Sampel 1	Sampel 2
Berat kering sebelum dicuci, gram	A	500	500
Berat kering setelah dicuci, gram	B	497	496
Berat lolos saringan No. 200	$((A - B) / A) \times 100\%$	0,6%	0,8%
Berat lolos saringan No. 200 rata-rata		0,7%	

Dari pengujian lolos saringan No. 200 yang dilakukan didapatkan persentase kandungan lumpur rata-rata sebesar 0,7%. 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%.

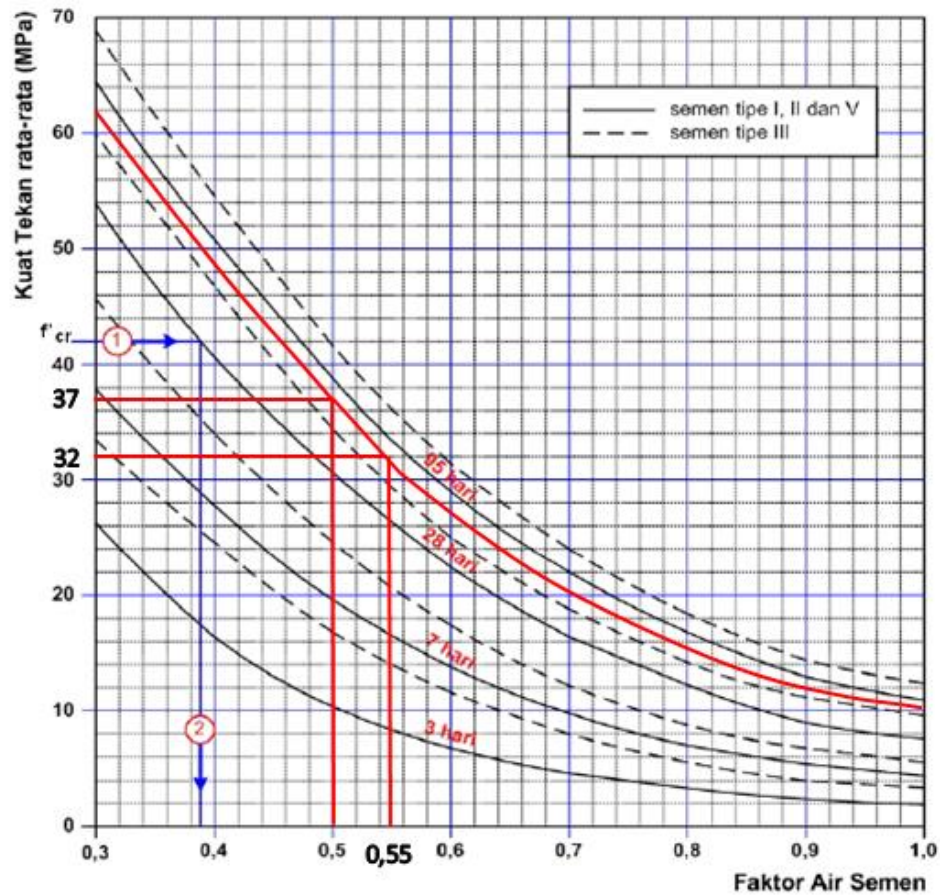
5.3 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton dapat dilakukan dalam berbagai metode, dalam penelitian ini perencanaan campuran beton dilakukan dengan SNI 03-2834-2000 dengan metode sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton (f'_c) rencana ditentukan sebesar 20 MPa.
2. Berdasarkan SNI 03-2834-2000 apabila tidak terdapat data uji lapangan sebelumnya deviasi standar tidak ditentukan melainkan penentuan kuat tekan rata-rata rencana dihitung dengan nilai tambah (M) minimum 12 MPa.
3. Kuat tekan rata-rata rencana dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} f_{cr} &= f'_c + M \\ &= 20 + 12 \\ &= 32 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4. Semen yang digunakan adalah Semen Tiga Roda dengan tipe *Portland Composite Cement* yang dapat dikategorikan pada semen tipe I.
5. Jenis agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah, dan jenis agregat halus adalah alami.
6. Faktor air semen ditentukan dengan langkah berikut.
 - a. Perkiraan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari ditentukan berdasarkan jenis semen, agregat kasar, dan bentuk benda uji seperti yang terdapat dalam Tabel 4.4 SNI 03-2834-2000. Maka ditentukan nilai perkiraan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 37 MPa
 - b. Grafik hubungan faktor air semen (f_{as}) dan kekuatan tekan ditentukan sesuai dengan bentuk benda uji. Pada penelitian ini digunakan grafik untuk benda uji silinder seperti dalam Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan

- c. Garis tegak lurus ke atas dibuat dari faktor air semen 0,5 hingga memotong kurva kuat tekan sesuai yang ditentukan pada sub butir a.
- d. Garis lengkung ditarik dengan proporsional melalui titik pada sub butir c.
- e. Garis mendatar ditarik dari kuat tekan yang ditargetkan hingga memotong kurva baru yang telah ditentukan pada sub butir d.
- f. Garis tegak lurus ke bawah dibuat dari perpotongan pada sub butir e hingga didapatkan faktor air semen yang dibutuhkan yakni sebesar 0,55.
7. Fas maksimum ditentukan dari Tabel 4.5 sebesar 0,6.
8. Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara butir 7 dan butir 8 maka ditetapkan fas yang digunakan sebesar 0,55.
9. Nilai slump ditetapkan sebesar 60 – 180 mm.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan sebesar 20 mm.

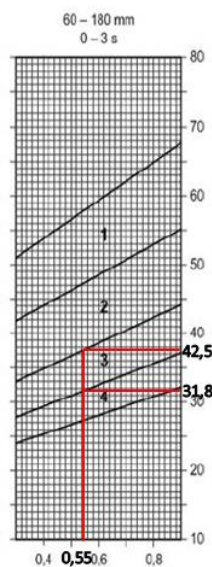
11. Kadar air bebas dihitung rumus yang telah ditentukan dengan perkiraan jumlah air yang dibutuhkan seperti yang terdapat dalam Tabel 4.6 dengan W_h sebesar 195 kg/m^3 dan W_k sebesar 225 kg/m^3 .

$$\begin{aligned}\text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\ &= \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225 \\ &= 205 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

12. Jumlah semen atau kadar semen dihitung dengan membagi kadar air bebas dengan faktor air semen.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah semen} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{faktor air semen}} \\ &= \frac{205}{0,55} \\ &= 372,7273 \text{ kg}\end{aligned}$$

13. Jumlah semen maksimum apabila tidak ditetapkan dapat diabaikan.
 14. Jumlah semen minimum ditentukan dari Tabel 4.5 yakni sebesar 275 kg.
 15. Jumlah semen digunakan sebesar 372,7273 kg.
 16. Tipe susunan butir (gradasi) agregat halus ditentukan dari hasil pengujian agregat yakni termasuk pada daerah III.
 17. Persentase pasir ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 5.6 berikut ini.



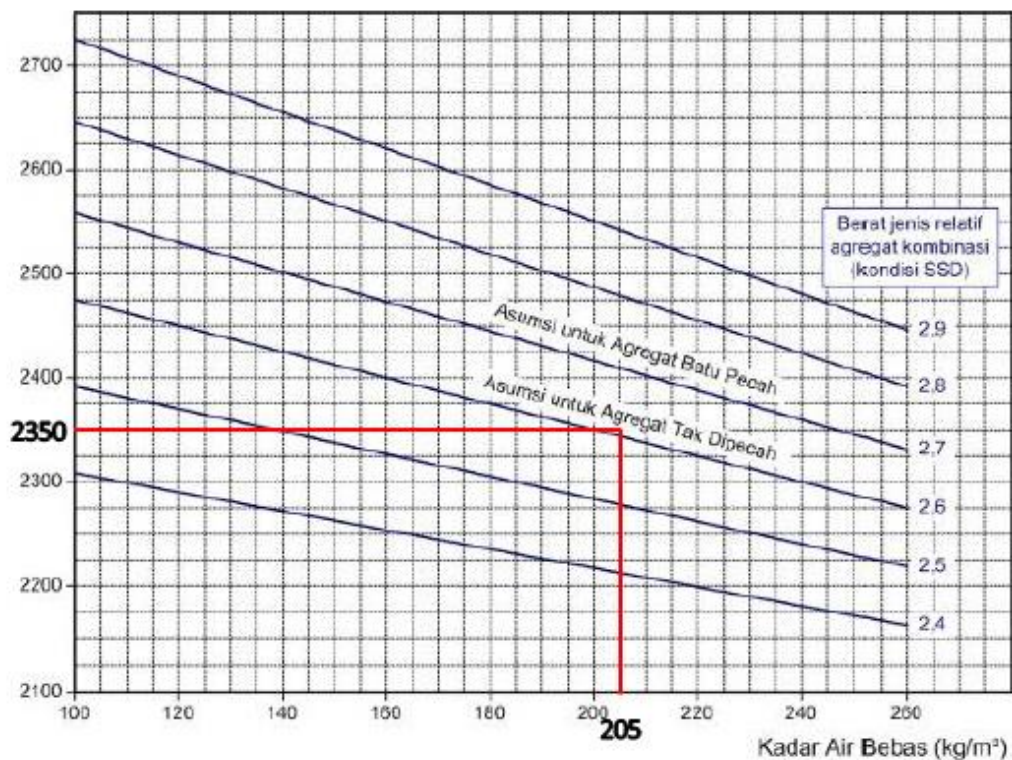
Gambar 5.6 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

Dari grafik diatas didapatkan besaran persentase agregat halus sebesar 37,15% dan persentase agregat kasar sebesar 62,85%.

18. Berat jenis relatif agregat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis agregat gabungan} &= \% \text{ agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus} + \% \\ &\quad \text{agregat kasar} \times \text{berat jenis agregat kasar} \\ &= 37,15\% \times 2,6004 + 62,85\% \times 2,6151 \\ &= 2,6096\end{aligned}$$

19. Berat isi beton ditentukan sebesar 2350 kg sesuai dengan grafik pada Gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah

20. Kadar agregat gabungan dihitung dengan pengurangan berat isi beton dengan jumlah kadar semen dan kadar air bebas.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat gabungan} &= \text{berat isi beton} - \text{jumlah semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2350 - 372,7273 - 205 \\ &= 1772,273 \text{ kg}\end{aligned}$$

21. Kadar agregat halus dihitung dengan perkalian persen agregat halus dengan kadar agregat gabungan.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat halus} &= \text{persen agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan} \\ &= 37,15\% \times 1772,273 \\ &= 658,3993 \text{ kg}\end{aligned}$$

22. Kadar agregat kasar dihitung dengan pengurangan kadar agregat gabungan dengan kadar agregat halus.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat kasar} &= \text{kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \\ &= 1772,273 - 658,3993 \\ &= 1113,873 \text{ kg}\end{aligned}$$

23. Proporsi campuran setiap m^3 ditentukan berdasarkan data pada tahapan yang telah dilakukan sebelumnya (Kondisi agregat pada keadaan jenuh kering permukaan). Maka diperoleh data proporsi campuran setiap m^3 sebagai berikut.

- a. Semen = 372,7273 kg
- b. Air = 205 kg
- c. Agregat kasar = 1113,8734 kg
- d. Agregat halus = 658,3993 kg

24. Volume untuk setiap 1 silinder benda uji.

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

25. Proporsi campuran untuk setiap 1 benda uji yakni sebagai berikut.

- a. Semen = $372,7273 \times 0,0053$ = 1,9760 kg
- b. Air = $205 \times 0,0053$ = 1,0868 kg
- c. Agregat kasar = $1113,8734 \times 0,0053$ = 5,9051 kg
- d. Agregat halus = $658,3993 \times 0,0053$ = 3,4905 kg

Total berat 1 benda uji yakni sebesar 12,4584 kg.

26. Proporsi campuran untuk setiap variasi beton dengan jumlah 6 benda uji sebagai berikut.

- a. Semen = $1,9760 \times 6$ = 11,8559 kg

- b. Air $= 1,0868 \times 6 = 6,5208 \text{ kg}$
- c. Agregat kasar $= 5,9051 \times 6 = 35,4308 \text{ kg}$
- d. Agregat halus $= 3,4905 \times 6 = 20,9428 \text{ kg}$

Total berat untuk setiap variasi beton yakni sebesar 74,7503 kg.

27. Jumlah bahan tambah serat potongan *banner* dihitung dengan menghitung persen bahan tambah setiap variasi beton terhadap berat beton. Maka dihitung jumlah bahan tambah serat potongan *banner* untuk setiap variasi yakni sebagai berikut.

- a. Variasi 0% $= 0\% \times 74,7503 = 0 \text{ kg}$
- b. Variasi 0,25% $= 0,25\% \times 74,7503 = 0,1869 \text{ kg}$
- c. Variasi 0,50% $= 0,50\% \times 74,7503 = 0,3738 \text{ kg}$
- d. Variasi 0,75% $= 0,75\% \times 74,7503 = 0,5606 \text{ kg}$
- e. Variasi 1% $= 1\% \times 74,7503 = 0,7475 \text{ kg}$

28. Proporsi campuran untuk setiap variasi beton dengan nilai penyusutan 20% yakni sebagai berikut.

- a. Semen $= 11,8559 \times 1,2 = 14,2271 \text{ kg}$
- b. Air $= 6,5208 \times 1,2 = 7,8249 \text{ kg}$
- c. Agregat kasar $= 35,4308 \times 1,2 = 42,5169 \text{ kg}$
- d. Agregat halus $= 20,9428 \times 1,2 = 25,1313 \text{ kg}$

Total berat 1 variasi beton yakni sebesar 89,7003 kg.

29. Jumlah bahan tambah serat potongan *banner* untuk setiap variasi yakni sebagai berikut.

- Variasi 0% $= 0\% \times 89,7003 = 0 \text{ kg}$
- Variasi 0,25% $= 0,25\% \times 89,7003 = 0,2243 \text{ kg}$
- Variasi 0,50% $= 0,50\% \times 89,7003 = 0,4485 \text{ kg}$
- Variasi 0,75% $= 0,75\% \times 89,7003 = 0,6728 \text{ kg}$
- Variasi 1% $= 1\% \times 89,7003 = 0,8970 \text{ kg}$

Total berat bahan tambah serat yakni sebesar 2,2425 kg.

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan rencana campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Rencana Campuran Beton

Variasi Kadar Serat pada Beton	Jumlah Benda Uji	Material				Total	Bahan Tambah Serat
		Semen	Air	Agregat Kasar	Agregat Halus		
		Kg	Kg	Kg	Kg	kg	Kg
0%	6	14,227	7,825	42,517	25,131	89,700	0
0,25%	6	14,227	7,825	42,517	25,131	89,700	0,224
0,5%	6	14,227	7,825	42,517	25,131	89,700	0,449
0,75%	6	14,227	7,825	42,517	25,131	89,700	0,673
1%	6	14,227	7,825	42,517	25,131	89,700	0,897
Total	30	71,136	39,125	212,585	125,657	448,502	2,243

5.4 Pengujian Slump Beton

Pengujian slump beton dilakukan pada beton setelah adukan telah tercampur rata. Pengujian ini dilakukan menggunakan kerucut dan dinyatakan dalam satuan cm. Hasil pengujian slump beton dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Slump Beton

Variasi Benda Uji	Nilai Slump (cm)
0%	9
0,25%	8,5
0,5%	10,5
0,75%	7,5
1%	7

Nilai slump beton berhubungan dengan kemudahan selama proses pembuatan beton. Semakin rendah nilai yang dihasilkan maka semakin sulit pengerjaannya dalam proses pembuatan beton. Berdasarkan nilai slump yang dihasilkan dapat dinyatakan bahwa secara umum penambahan serat *banner* pada campuran beton memberikan pengaruh dalam penurunan nilai slump. Namun dalam penelitian yang dilakukan terdapat anomali pada variasi benda uji 0,5% yang dapat disebabkan oleh inkonsistensi kondisi agregat kasar.

5.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton dengan kuat tekan rencana sebesar 20 MPa. Pengujian dilakukan saat benda uji berumur 28 hari dan telah

melalui masa perawatan dengan cara perendaman dalam air dan pengeringan 1 hari sebelum pengujian. Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine* sehingga dapat diperoleh beban maksimum saat beton mengalami kehancuran. Hasil dari pengujian kuat tekan beton dapat dihitung seperti berikut ini.

1. Variasi 0% (1)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban maksimum (P)} &= 355 \text{ kN} \\
 &= 355000 \text{ N} \\
 \text{Luas penampang (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 151,6^2 \\
 &= 18050,4604 \text{ mm}^2 \\
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{355000}{18050,4604} \\
 &= 19,6671 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Variasi 0% (2)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban maksimum (P)} &= 395 \text{ kN} \\
 &= 395000 \text{ N} \\
 \text{Luas penampang (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 151,7^2 \\
 &= 18074,2815 \text{ mm}^2 \\
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{395000}{18074,2815} \\
 &= 21,8543 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

3. Variasi 0% (3)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban maksimum (P)} &= 330 \text{ kN} \\
 &= 330000 \text{ N} \\
 \text{Luas penampang (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 150,6^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 17813,1131 \text{ mm}^2 \\
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{330000}{17813,1131} \\
 &= 18,5257 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

4. Kuat tekan rata-rata variasi 0%

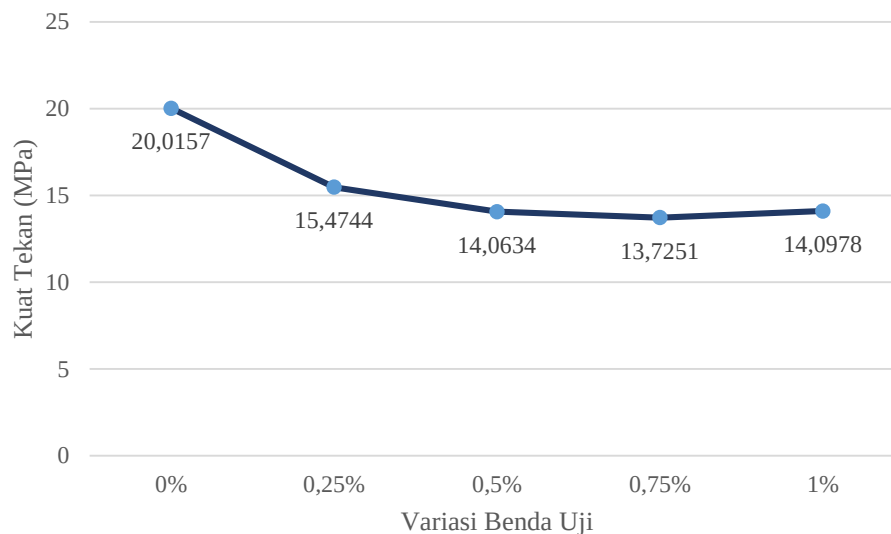
$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata} &= (19,6671 + 21,8543 + 18,5257) / 3 \\
 &= 20,0157 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah serat potongan *banner* dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Benda Uji		Beban Maksimum	Diameter	Luas Penampang	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	Persentase Perubahan
		kN	mm	mm ²	MPa	MPa	%
0%	1	355	151,6	18050,4604	19,6671	20,0157	0
	2	395	151,7	18074,2815	21,8543		
	3	330	150,6	17813,1131	18,5257		
0,25%	1	249	151,9	18121,9709	13,7402	15,4744	-22,6888
	2	320	151,1	17931,5904	17,8456		
	3	265	150,8	17860,4569	14,8372		
0,5%	1	254	151,8	18098,1184	14,0346	14,0634	-29,7380
	2	261	151,6	18050,4604	14,4595		
	3	243	150,3	17742,2152	13,6961		
0,75%	1	244	148,3	17273,1754	14,1259	13,7251	-31,4282
	2	231	153,8	18578,1537	12,4340		
	3	260	150,5	17789,4648	14,6154		
1%	1	255	150,0	17671,4587	14,4300	14,0978	-29,5660
	2	252	150,5	17789,4648	14,1657		
	3	244	150,6	17813,1131	13,6978		

Dari data tersebut dapat diperoleh grafik yang menggambarkan pengaruh penggunaan bahan tambah serat potongan *banner* pada campuran beton terhadap kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.

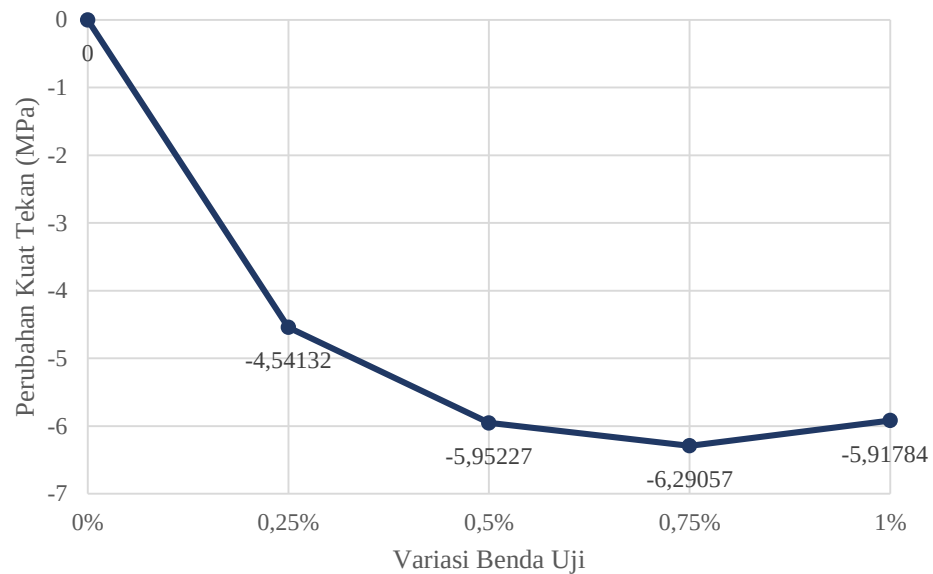


Gambar 5.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

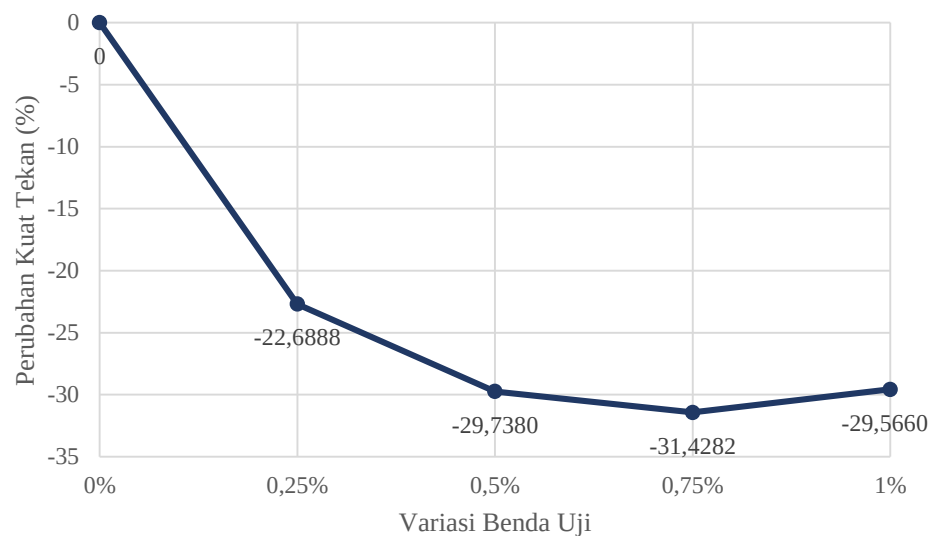
Berdasarkan grafik hasil pengujian kuat tekan beton diatas dapat dilihat bahwa pada beton normal atau beton dengan variasi 0% telah memenuhi kuat tekan yang direncanakan yakni 20 MPa dengan hasil rata-rata kuat tekan beton normal yang didapatkan sebesar 20,0157 MPa. Sementara itu, beton dengan penambahan serat potongan *banner* mengalami penurunan kekuatan dan tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan.

Pada beton dengan variasi penambahan 0,25% mengalami penurunan kekuatan menjadi 15,4744 MPa, selanjutnya dengan penambahan jumlah serat menjadi 0,5% dan 0,75% terjadi penurunan kekuatan tekan beton secara berturut menjadi 14,0634 MPa dan 13,7251 MPa. Kemudian terjadi peningkatan kuat tekan beton pada beton variasi 1% terhadap variasi 0,75% dengan kuat tekan sebesar 14,0978 MPa.

Penggambaran menggunakan grafik juga dilakukan berdasarkan besar pengaruh bahan tambah dalam MPa dan besar pengaruh bahan tambah dalam persen seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.9 Grafik Pengaruh Bahan Tambah Serat terhadap Kuat Tekan Beton dalam MPa



Gambar 5.10 Grafik Pengaruh Bahan Tambah Serat terhadap Kuat Tekan Beton dalam Persen

Pada benda uji beton variasi 0,25% penambahan serat potongan *banner* dari berat total rencana beton memiliki kuat tekan sebesar 15,4744 MPa, nilai tersebut jika dibandingkan dengan beton normal menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan sebesar 4,5413 MPa atau turun sebesar 22,6888% dari kuat tekan beton normal.

Pada benda uji beton variasi 0,5% penambahan serat potongan *banner* dari berat total rencana beton memiliki kuat tekan sebesar 14,0634 MPa, nilai tersebut jika dibandingkan dengan beton normal menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan sebesar 5,9523 MPa atau turun sebesar 29,7380% dari kuat tekan beton normal.

Pada benda uji beton variasi 0,75% penambahan serat potongan *banner* dari berat total rencana beton memiliki kuat tekan sebesar 13,7251 MPa, nilai tersebut jika dibandingkan dengan beton normal menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan sebesar 6,2906 MPa atau turun sebesar 31,4282% dari kuat tekan beton normal.

Pada benda uji beton variasi 1% penambahan serat potongan *banner* dari berat total rencana beton memiliki kuat tekan sebesar 14,0978 MPa, nilai tersebut jika dibandingkan dengan beton normal menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan sebesar 5,9178 MPa atau turun sebesar 29,5660% dari kuat tekan beton normal.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambah serat potongan *banner* dalam beton tidak dapat menaikkan kuat tekan beton tersebut.

5.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan saat benda uji berumur 28 hari dan telah melalui masa perawatan dengan cara perendaman dalam air dan pengeringan 1 hari sebelum pengujian. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine* sehingga dapat diperoleh beban maksimum saat beton mengalami kehancuran. Hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dapat dihitung seperti berikut ini.

1. Variasi 0% (1)

$$\begin{aligned}\text{Beban maksimum (P)} &= 157 \text{ kN} \\ &= 157000 \text{ N} \\ \text{Panjang benda uji (L)} &= 303,5 \text{ mm} \\ \text{Diameter benda uji (D)} &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik belah beton} &= \frac{2 P}{\pi L D} \\
 &= \frac{2 \times 157000}{\pi \times 303,5 \times 150} \\
 &= 2,1955 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Variasi 0% (2)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban maksimum (P)} &= 163 \text{ kN} \\
 &= 163000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 298,3 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik belah beton} &= \frac{2 P}{\pi L D} \\
 &= \frac{2 \times 163000}{\pi \times 298,3 \times 150,4} \\
 &= 2,3130 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

3. Variasi 0% (3)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban maksimum (P)} &= 160 \text{ kN} \\
 &= 160000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300,3 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 152,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik belah beton} &= \frac{2 P}{\pi L D} \\
 &= \frac{2 \times 160000}{\pi \times 300,3 \times 152,2} \\
 &= 2,2286 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

4. Kuat tarik belah rata-rata variasi 0%

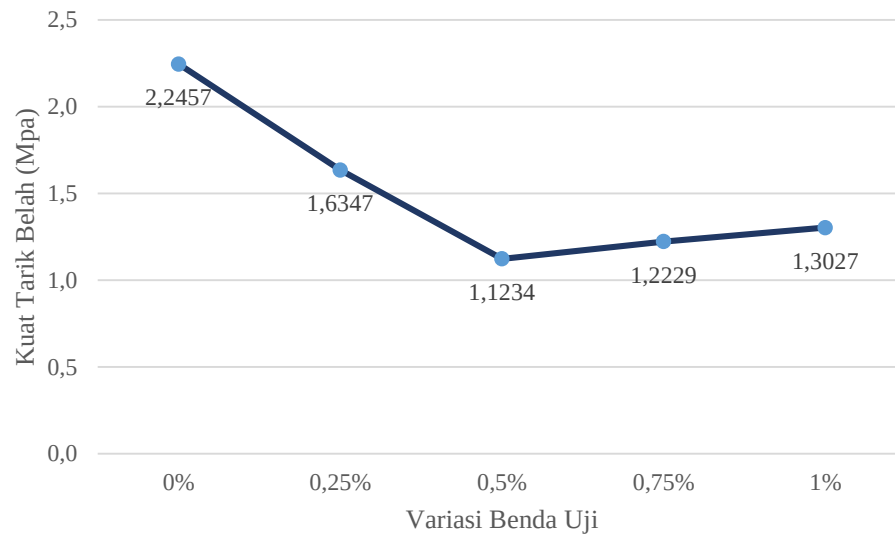
$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik belah rata-rata} &= (2,1955 + 2,3130 + 2,2286) / 3 \\
 &= 2,2457 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan bahan tambah serat potongan *banner* dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Benda Uji		Beban Maksimum	Dimensi		Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik Belah Rata-Rata	Persentase Perubahan
			Panjang (L)	Diameter (D)			
		kN	mm	mm	MPa	MPa	%
0%	1	157	303,5	150,0	2,1955	2,2457	0
	2	163	298,3	150,4	2,3130		
	3	160	300,3	152,2	2,2286		
0,25%	1	120	301,8	150,9	1,6775	1,6347	-27,2051
	2	118	301,2	152,1	1,6398		
	3	115	304,1	151,7	1,5870		
0,5%	1	75	302,4	152,8	1,0333	1,1234	-49,9743
	2	85	300,6	151,0	1,1922		
	3	82	301,0	151,5	1,1448		
0,75%	1	92	302,0	150,7	1,2869	1,2229	-45,5445
	2	81	300,0	151,6	1,1338		
	3	90	299,1	153,5	1,2480		
1%	1	102	317,0	152,9	1,3397	1,3027	-41,9901
	2	92	303,9	153,1	1,2588		
	3	95	299,1	154,4	1,3096		

Dari data tersebut dapat diperoleh grafik yang menggambarkan pengaruh penggunaan bahan tambah serat potongan *banner* pada campuran beton terhadap kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.11.

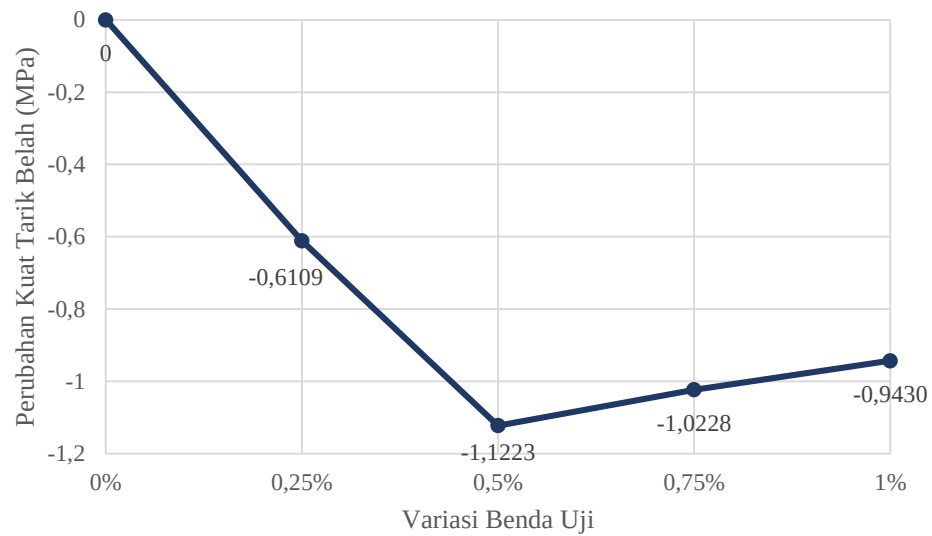


Gambar 5.11 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

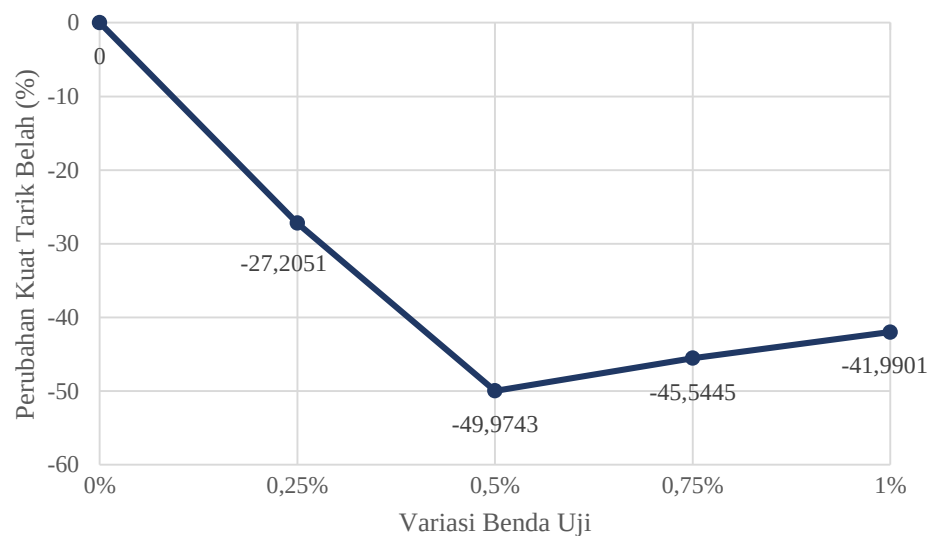
Berdasarkan grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton diatas dapat dilihat bahwa pada beton normal atau beton dengan variasi 0% dengan hasil rata-rata kuat tarik belah beton normal yang didapatkan sebesar 2,2457 MPa atau 11,2196% dari kuat tekan beton normal. Sementara itu, beton dengan penambahan serat potongan *banner* mengalami penurunan kuat tarik belah jika dibandingkan dengan beton normal.

Pada beton dengan variasi penambahan 0,25% mengalami penurunan kekuatan menjadi 1,6347 MPa, selanjutnya dengan penambahan jumlah serat menjadi 0,5% terjadi penurunan kuat tarik belah beton menjadi 1,1234 MPa. Kemudian terjadi peningkatan pada beton variasi 0,75% dan 1% terhadap variasi 0,5% dengan kuat tarik belah beton secara berturut sebesar 1,2229 MPa dan 1,3027 MPa.

Penggambaran menggunakan grafik juga dilakukan berdasarkan besar pengaruh bahan tambah dalam MPa dan besar pengaruh bahan tambah dalam persen seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.12 Grafik Pengaruh Bahan Tambah Serat terhadap Kuat Tarik Belah Beton dalam MPa



Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Bahan Tambah Serat terhadap Kuat Tarik Belah Beton dalam Persen

Pada benda uji beton variasi 0,25% penambahan serat potongan *banner* dari berat total rencana beton memiliki kuat tarik belah sebesar 1,6347 MPa, nilai tersebut jika dibandingkan dengan beton normal menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan sebesar 0,6109 MPa atau turun sebesar 27,2051% dari kuat tarik belah beton normal.

Pada benda uji beton variasi 0,5% penambahan serat potongan *banner* dari berat total rencana beton memiliki kuat tarik belah sebesar 1,1234 MPa, nilai tersebut jika dibandingkan dengan beton normal menunjukkan terjadinya penurunan kuat tarik belah sebesar 1,1223 MPa atau turun sebesar 49,9743% dari kuat tarik belah beton normal.

Pada benda uji beton variasi 0,75% penambahan serat potongan *banner* dari berat total rencana beton memiliki kuat tarik belah sebesar 1,2229 MPa, nilai tersebut jika dibandingkan dengan beton normal menunjukkan terjadinya penurunan kuat tarik belah sebesar 1,0228 MPa atau turun sebesar 45,5445% dari kuat tarik belah beton normal.

Pada benda uji beton variasi 1% penambahan serat potongan *banner* dari berat total rencana beton memiliki kuat tarik belah sebesar 1,3027 MPa, nilai tersebut jika dibandingkan dengan beton normal menunjukkan terjadinya penurunan kuat tarik belah sebesar 0,9430 MPa atau turun sebesar 41,9901% dari kuat tarik belah beton normal.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambah serat potongan *banner* dalam beton tidak dapat menaikkan kuat tarik belah beton tersebut.

5.7 Pembahasan Pelaksanaan Penelitian

Pada proses pelaksanaannya, penelitian dilakukan dengan standar dan ketentuan prosedur yang berlaku. Pelaksanaan penelitian diawali dengan persiapan material dimulai dari pencarian, pembelian, pembersihan, dan persiapan lainnya hingga material siap untuk digunakan.

Persiapan material bahan tambah serat *banner* dilakukan dengan cara pencarian *banner* dan dilanjutkan dengan pemotongan *banner* secara manual menggunakan *cutter* hingga *banner* berukuran panjang 100 mm dan lebar 3 mm. Selanjutnya ditimbang sejumlah total per variasi benda uji berdasarkan *mix design* yang telah ditentukan.

Sementara itu, persiapan material agregat halus dan kasar diawali dengan pembelian material yang bersumber dari daerah Kulon Progo dengan ukuran

maksimum agregat kasar sebesar 20 mm. Kemudian dilanjutkan dengan pencucian agregat kasar hingga bersih dan tidak didapatkan kotoran ataupun lapisan lumpur pada permukaan agregat.

Setelah material agregat siap untuk digunakan, pengujian agregat dilakukan sehingga dapat diketahui mengenai kelayakan dan data properties agregat. Kemudian dari data tersebut dapat dilakukan perencanaan campuran beton menggunakan SNI 03-2834-2000.

Pembuatan benda uji dilaksanakan menggunakan *mixer* beton dan setiap variasinya dilakukan pengadukan dalam satu campuran. Serta pada setiap campuran tersebut dilakukan pengujian slump sesuai SNI 03-1972-1990. Namun, pada pelaksanaannya terjadi anomali pada variasi benda uji 0,5% yang dapat disebabkan oleh inkonsistensi kondisi agregat kasar.

Pada penelitian ini pembuatan benda uji dilakukan pada hari yang sama sejumlah 30 benda uji silinder beton dan dilakukan tanpa trial yang kemudian diuji ketika beton berumur 28 hari. Dari pengujian beton tersebut diperoleh besaran kuat tekan beton normal telah memenuhi kuat tekan rencana yakni sebesar 20 MPa, sehingga pada penelitian ini tidak dilakukan *mix design* kembali.

5.8 Pembahasan Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambah serat potongan *banner* dalam beton tidak dapat menaikkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Hal ini dapat terjadi sebab serat potongan *banner* yang digunakan memiliki penampang berukuran panjang 100 mm dan lebar 3 mm dengan karakteristik permukaan licin sehingga rekatan antar bahan penyusun beton lainnya tidak baik.

Hal ini berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh Putri (2016) bahwa penggunaan serat *banner* dapat memberikan penurunan nilai kuat tekan sebab permukaan *banner* yang licin mengakibatkan tidak terjadinya rekatan yang baik antar agregat. Selain itu, potongan dan bentuk dari serat yang berupa sebuah bidang mengakibatkan terjadinya spesimen-spesimen pada beton dan menyebabkan terbentuknya rongga-rongga udara dalam beton.

Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah yang menurun tersebut berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Setiawan (2017). Pada penelitian tersebut didapatkan hasil kuat tekan beton dengan penambahan serat limbah spanduk *flex banner* sejumlah 1% pada campuran beton dengan besaran kuat tekan lebih tinggi 4,95% dari beton normal. Hasil yang berbeda tersebut dapat dipengaruhi oleh perbedaan ukuran serat yang digunakan, dimana pada penelitian yang dilakukan oleh Setiawan digunakan serat limbah spanduk berukuran kecil dengan panjang 40 mm dan lebar 0,5 mm.

Sementara itu, hasil pengujian yang menurun dalam penelitian ini berbeda pula apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Syafwan dan Hayu (2020). Pada penelitian tersebut digunakan serat sabut kelapa sebagai bahan tambah beton yang selanjutnya memberikan pengaruh kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada variasi 0,2% dari berat beton. Berbeda dengan serat limbah potongan *banner*, serat sabut kelapa yang dipakai memiliki karakteristik yang lebih kasar dan ukuran yang lebih kecil, serta melalui proses pencucian dan pengeringan hingga kering permukaan.

Penyebab turunnya kekuatan beton lainnya ialah tidak meratanya penyebaran serat potongan *banner* dalam beton pada beberapa benda uji seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Serat dalam Benda Uji Beton

Tidak meratanya penyebaran serat terjadi khususnya pada beton dengan variasi penambahan serat potongan *banner* yang tinggi. Semakin banyaknya

persentase serat yang ditambahkan maka semakin menurun workabilitas dari campuran tersebut. Hal ini berkaitan pula dengan terjadinya efek penggumpalan serat (*balling effect*) pada campuran beton sehingga serat sukar untuk tersebar secara merata. Sementara itu, dalam penelitian ini penggumpalan serat terjadi pada beton dengan persentase penambahan serat mulai dari variasi 0,75%.

Dengan demikian, secara garis besar dapat disimpulkan bahwa penurunan kekuatan beton disebabkan oleh berbagai hal. Faktor penyebab penurunan tersebut yakni antara lain sebagai berikut.

1. Ukuran serat kurang kecil.
2. Karakteristik permukaan serat *banner* yang licin mengakibatkan kurangnya friksi antara serat dan material beton lainnya.
3. Penyebaran serat tidak merata.
4. Terjadinya penggumpalan serat (*balling effect*).

Pengaruh penambahan serat potongan *banner* juga terjadi pada nilai slump yang dihasilkan. Penambahan serat potongan *banner* dalam adukan beton mengakibatkan adukan campuran beton menjadi kental dan membuat sulit untuk mendapatkan nilai slump yang disyaratkan. Semakin rendahnya nilai slump yang didapat menyebabkan kesulitan dalam proses pengadukan dan pemadatan benda uji beton.

Hal ini berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh Apriliawati (2016) yang mengungkapkan bahwa penggunaan serat *banner* menyebabkan adukan beton sulit dikerjakan akibat kelecakan yang sangat rendah. Terjadinya hal tersebut diakibatkan oleh banyaknya penyerapan air pada pori-pori nilon yang terdapat pada potongan *banner*.

Penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk memperbaiki kuat tarik belah pada beton dengan tetap memperhatikan pengaruh bahan tambah serat *banner* terhadap kuat tekan beton. Akan tetapi berdasarkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang didapatkan, penelitian tidak berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

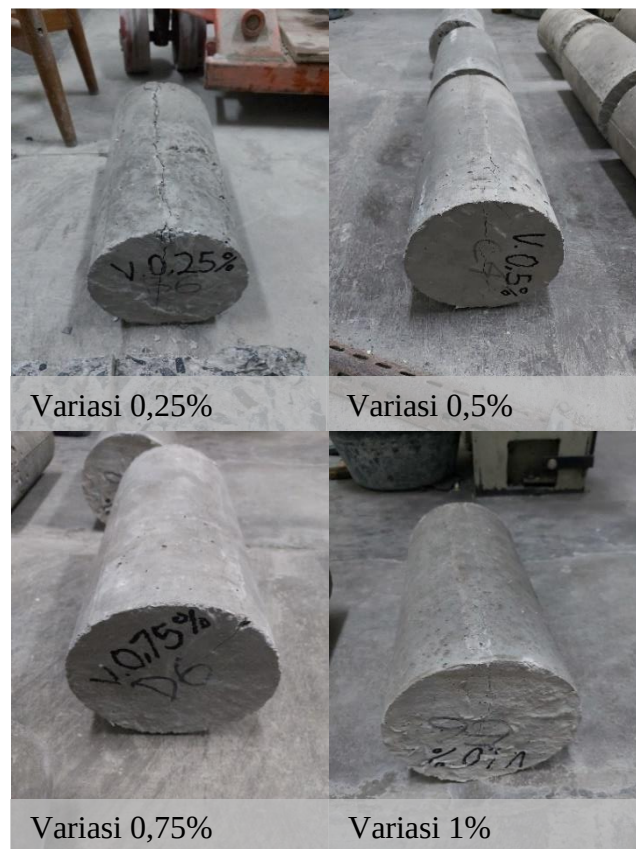
Walaupun terjadi pengaruh negatif apabila dinilai berdasarkan besaran kekuatan beton, penggunaan serat *banner* dapat memberikan pengaruh dalam

mempertahankan bentuknya dan tidak terbelah secara tiba-tiba. Hal ini didasarkan atas pengamatan secara visual setelah benda uji mendapatkan beban maksimum pada saat pengujian kuat tarik belah beton. Dari pengamatan tersebut menunjukkan bahwa pada tiap variasi memberikan hasil yang berbeda.

Pada beton dengan penambahan serat setelah melewati beban maksimum dan jarum pada alat CTM menurun, kondisi benda uji masih dalam bentuk silinder yang tidak terbelah begitu saja sebab terdapat serat yang mengikat didalamnya sehingga beton tidak langsung hancur melainkan masih mempertahankan bentuknya. Adapun hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16 berikut ini.



Gambar 5.15 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Normal



Gambar 5.16 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Serat

Semakin besar persentase serat maka ikatan dalam beton yang telah diuji semakin banyak dan sulit untuk terbelah sehingga benda uji memiliki kemampuan mempertahankan bentuknya.

Pada prosesnya untuk mendapatkan hasil benda uji yang terbelah, maka benda uji dibenturkan pada permukaan lantai. Berdasarkan perlakuan tersebut didapatkan hasil bahwa semakin besar persentase penambahan serat *banner* dalam beton maka semakin sulit pula untuk benda uji berubah bentuk dan terbelah. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan bahan tambah serat didapatkan beton yang lebih tahan terhadap benturan dan tidak mudah terbentuk retakan.

Selain itu, berdasarkan hasil tersebut maka diperkirakan terdapat kemungkinan terbentuknya sifat daktilitas yang berbeda-beda pada setiap variasi beton dan meningkat seiring bertambahnya persentase serat dalam beton. Daktilitas merupakan kemampuan dari sebuah material, komponen, ataupun struktur untuk

mengalami peningkatan regangan dari pertama kali leleh sampai dengan putus atau dapat pula dikatakan sebagai kemampuan dari suatu struktur ataupun komponen dalam menahan respon plastis atau inelastis. Satiadi dkk. (2015) menyebutkan bahwa daktilitas diketahui juga sebagai kemampuan dari suatu elemen atau struktur untuk berdeformasi setelah mengalami leleh pertama.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada benda uji beton dengan bahan tambah serat potongan limbah *banner* yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Terdapat pengaruh penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam beton terhadap kuat tarik belah beton. Besaran kuat tarik belah beton yang didapatkan menunjukkan bahwa pada beton dengan serat potongan limbah *banner* mengalami penurunan kuat tarik belah beton jika dibandingkan dengan beton normal atau variasi 0%. Dengan demikian penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam beton tidak dapat menaikkan nilai kuat tarik belah beton.
2. Terdapat pengaruh penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam beton terhadap kuat tekan beton. Besaran kuat tekan beton yang didapatkan menunjukkan bahwa pada beton dengan serat potongan limbah *banner* mengalami penurunan kuat tekan beton jika dibandingkan dengan beton normal atau variasi 0%. Dengan demikian penggunaan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah dalam beton menurunkan kuat tekan beton dan tidak memenuhi kuat tekan rencana yang telah ditentukan.
3. Tidak terdapat persentase optimal penambahan serat potongan limbah *banner* dalam campuran beton. Hal ini disebabkan penggunaan serat potongan limbah *banner* memberikan pengaruh negatif terhadap kuat tarik belah dan kuat tekan beton yang mengalami penurunan jika dibandingkan dengan beton normal.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat dianjurkan saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian dengan ukuran serat yang lebih kecil dan permukaan serat lebih kecil sehingga rekatan antar bahan penyusun beton dapat lebih baik dan menghasilkan kuat tarik belah dan kuat tekan yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai metode pencampuran serat dalam adukan beton agar tidak terjadi penggumpalan serat dan terhindar dari tidak meratanya serat dalam campuran beton.
3. Pada penelitian ini proses pemotongan *banner* dilakukan secara manual sehingga disarankan untuk penelitian berikutnya pemotongan dilakukan menggunakan mesin agar didapat ukuran dan lebar yang lebih kecil. Serta diharapkan pemotongan serat *banner* lebih presisi dan memiliki produktivitas yang lebih baik.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengkondisian serat sebelum dilakukan pencampuran beton seperti kondisi kejenuhan air dalam serat.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai daktilitas beton sehingga didapatkan kesimpulan pengaruh serat *banner* pada beton terhadap daktilitasnya yang terukur dan terevaluasi secara kuantitatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliawati, A. 2016. Kajian Kuat Lekat Dan Kuat Tekan Pada Beton Serat Dengan Bahan Tambah Potongan Limbah Banner.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1968-1990 : Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1969-1990 : Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1970-1990 : Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1972-1990 : Metode Pengujian Slump Beton*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1974-1990 : Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. BSN. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. *SNI 03-2493-1991 : Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. *SNI 03-4142-1996 : Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,0075 mm)*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4804-1998 : Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-2491-2002 : Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 2049:2015 : Semen Portland*. BSN. Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 2847:2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. BSN. Jakarta.
- Bahar, S. et al. 2005. *Pedoman Pekerjaan Beton*. Biro Enjiniring, PT Wijaya Karya. Jakarta.
- Duma, H. 2008. Studi Perilaku Kuat Lentur dan Susut pada Beton Agregat Daur Ulang. Universitas Indonesia.
- Ishak, A. W., & Yuhanah, T. 2020. Pengaruh Penambahan Potongan Spanduk Bekas Dan Substitusi Fly ash Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kekuatan Beton (Doctoral dissertation, Institut Teknologi PLN).
- Kusuma, A.T. and Puspitasari, R., 2019, September. Pemanfaatan Limbah Spanduk Plastik (Flexy Banner) Menjadi Produk Dekorasi Ruangan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 95-100).
- Lubis, T. R. H. 2020. Pemanfaatan Serat Ijuk Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Viscocrete 3115N* Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah (Studi Penelitian). *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Nugraha, P. dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton : dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Nurlina, S., Suseno, H., Hidayat, M. T., & Pratama, I. M. Y. 2016. Perbandingan daktilitas balok beton bertulang dengan menggunakan perkuatan CFRP dan GFRP. *Rekayasa Sipil*, 10(1), 62-69.
- Putri, R. N. C., Rahmawati, A., & Saputro, I. N. 2016. Pengaruh Penambahan Potongan Limbah Banner Dengan Bentuk Potongan Memanjang Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Indonesian Journal of Civil Engineering Education*, 2(2).
- Setiawan, A. A. 2017. Pemanfaatan Limbah Spanduk Plastik Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton. *Jurnal SenasPro*, 182-187.
- Subari, L. F. 2017. Studi Kuat Lekat Tulangan Polos Terhadap Beton Serat Tali Beneser. *Tugas Akhir*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Sudarsana, I.K., Widiarsa, I.B.R. and Ngganggus, M.A., 2020. Perilaku Geser Balok Tinggi Beton Serat Bagu Tanpa Tulangan Transversal. *Jurnal Spektran*, 8(1).

- Susinolirini, R. dan Sambowo, K.A. 2011. *Teknologi Beton Lanjutan : Durabilitas Beton*. Surya Perdana Semesta (SPS). Semarang.
- Syafwan, R.A. and Hayu, G.A., 2020. Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah *Coconut Fiber Concrete (CFC)* Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Dan Tarik Belah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil* (pp. 260-267).
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri. Yogyakarta
- Usman, U., Manalu, D. F., & Apriyanti, Y. 2018. Studi Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Potongan Limbah Spanduk Sebagai Bahan Tambah. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 6, No. 1, pp. 52-61).
- Wedyantadji, B. Tanpa Tahun. *Teknologi Bahan Konstruksi : Teknologi Beton dan Kontrol Kualitas Pengujian Beton*. Institut Teknologi Nasional Malang. Malang.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Sementara Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus



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

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

Uraian	Hasil Pengujian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat pasir kering mutlak, gr	489	489	-
Berat pasir jenuh kering muka (SSD), gr	500	500	-
Berat piknometer berisi pasir dan air, gr	1034	1028	-
Berat piknometer berisi air, gr	733	714	-
Berat jenis curah	2,4573	2,6290	2,5432
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,5126	2,6882	2,6004
Berat jenis semu	2,6012	2,7943	2,6977
Penyerapan air, %	2,2495	2,2495	2,2495

Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 2 Laporan Sementara Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar



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

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

Uraian	Hasil Pengujian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat kerikil kering mutlak, gr	4952	4942	-
Berat kerikil jenuh kering muka (SSD), gr	5000	5000	-
Berat kerikil dalam air, gr	3093	3083	-
Berat jenis curah	2,5968	2,5780	2,5874
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,6219	2,6082	2,6152
Berat jenis semu	2,6638	2,6584	2,6611
Penyerapan air, %	0,9693	1,1736	1,0715

Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 3 Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (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)	(%)	(%)	(%)
4,80	4	0,2	0,2	99,8
2,40	68	3,4	3,6	96,4
1,20	202	10,1	13,7	86,3
0,60	508	25,4	39,1	60,9
0,30	604	30,2	69,3	30,7
0,15	506	25,3	94,6	5,4
Sisa	108	5,4	100	0
Jumlah	2000	100	220,5	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{220,5}{100} = \boxed{2,205}$$

Lampiran 3 Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus



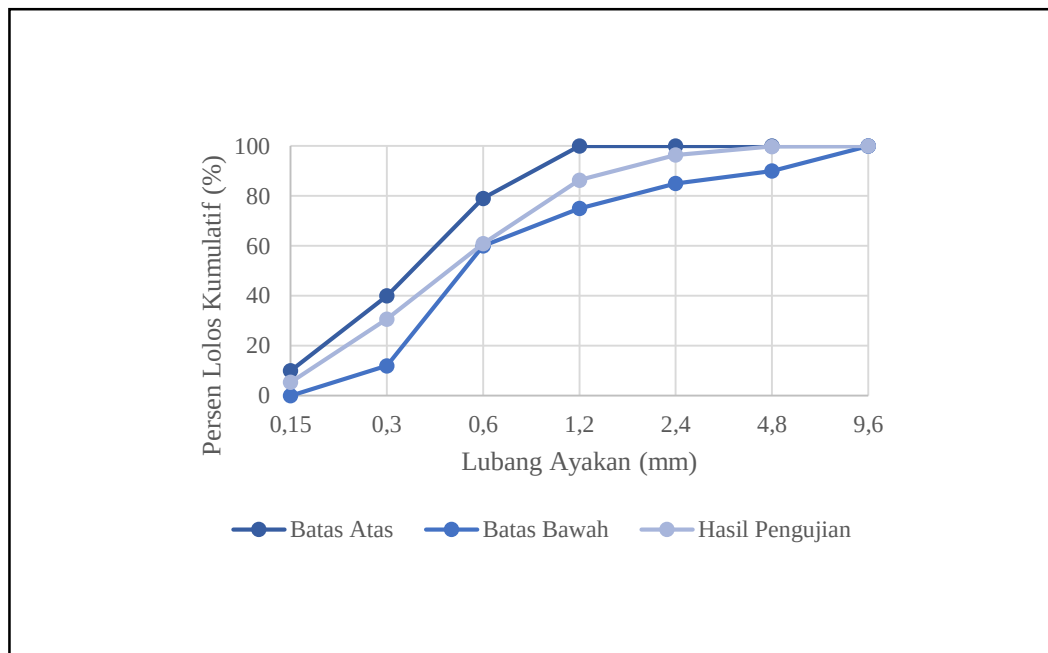
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : III
- Jenis pasir : Agak halus

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

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 3 Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telp (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)	(%)	(%)	(%)
4,80	9	0,45	0,45	99,55
2,40	70	3,5	3,95	96,05
1,20	198	9,9	13,85	86,15
0,60	497	24,85	38,7	61,3
0,30	599	29,95	68,65	31,35
0,15	513	25,65	94,3	5,7
Sisa	114	5,7	100	0
Jumlah	2000	100	219,9	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{219,9}{100} = \boxed{2,199}$$

Lampiran 3 Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus



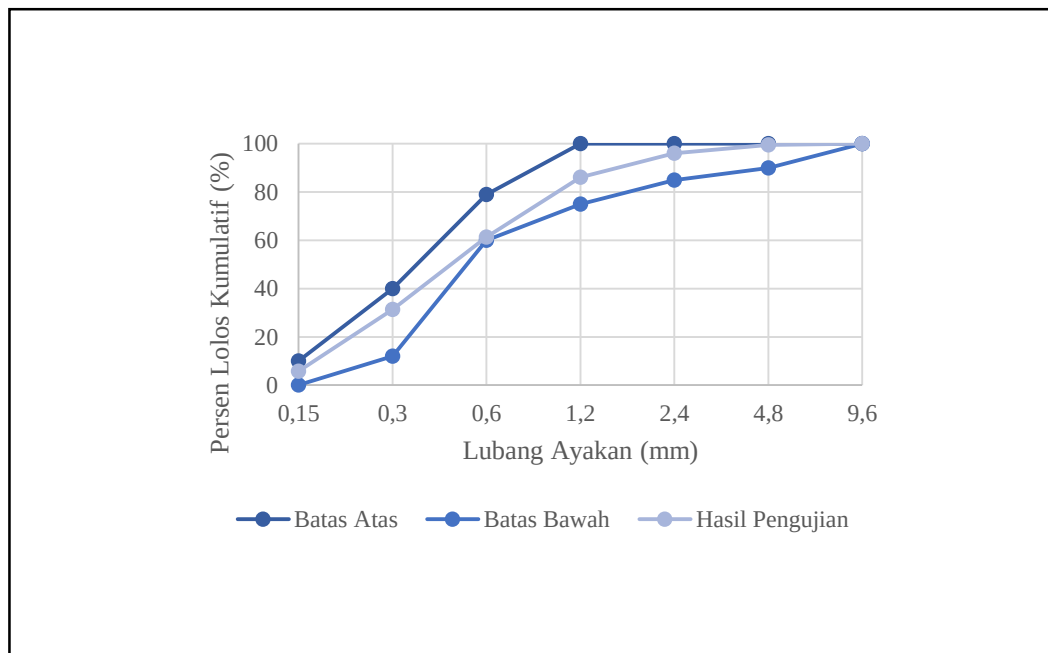
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : III
- Jenis pasir : Agak halus

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

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 4 Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar



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

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

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
40,00	0	0	0	100
20,00	24	0,48	0,48	99,52
10,00	3705	74,1	74,58	25,42
4,80	1218	24,36	98,94	1,06
2,40	23	0,46	99,4	0,6
1,20	0	0	99,4	0,6
0,60	0	0	99,4	0,6
0,30	0	0	99,4	0,6
0,15	0	0	99,4	0,6
Sisa	30	0,6	100	0
Jumlah	5000	100	671	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{671}{100} = \boxed{6,710}$$

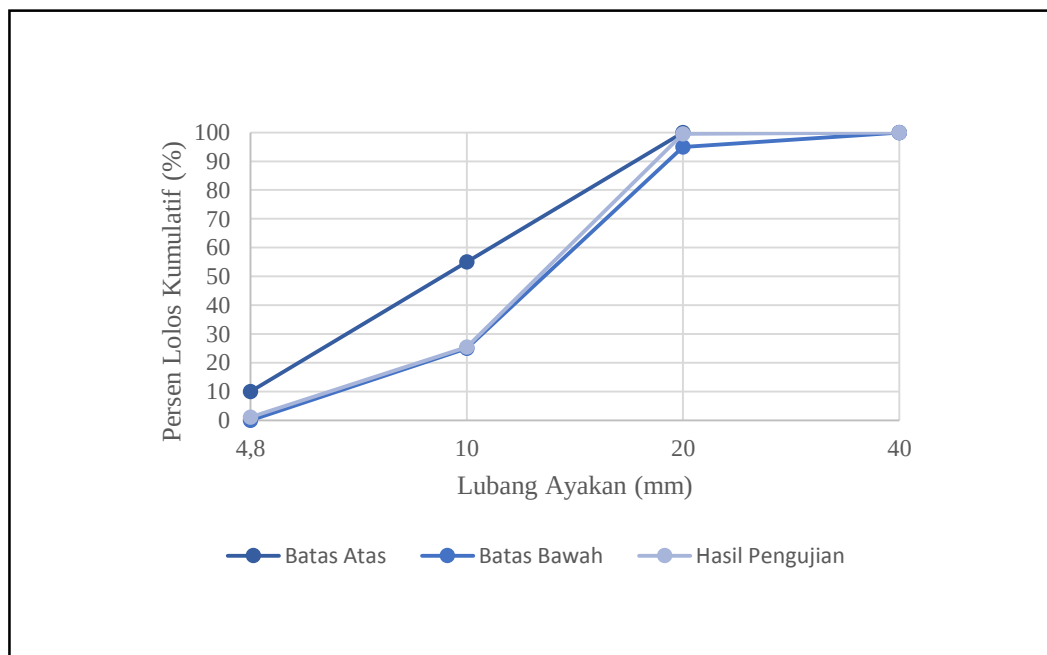
Lampiran 4 Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telp (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



Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 4 Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar



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

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

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
40,00	0	0	0	100
20,00	57	1,14046	1,14046	98,85954
10,00	3679	73,60944	74,74990	25,25010
4,80	1157	23,14926	97,89916	2,10084
2,40	40	0,80032	98,69948	1,30052
1,20	0	0	98,69948	1,30052
0,60	0	0	98,69948	1,30052
0,30	0	0	98,69948	1,30052
0,15	0	0	98,69948	1,30052
Sisa	65	1,30052	100	0
Jumlah	4998	100	667,28691	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{667,28691}{100} = \boxed{6,673}$$

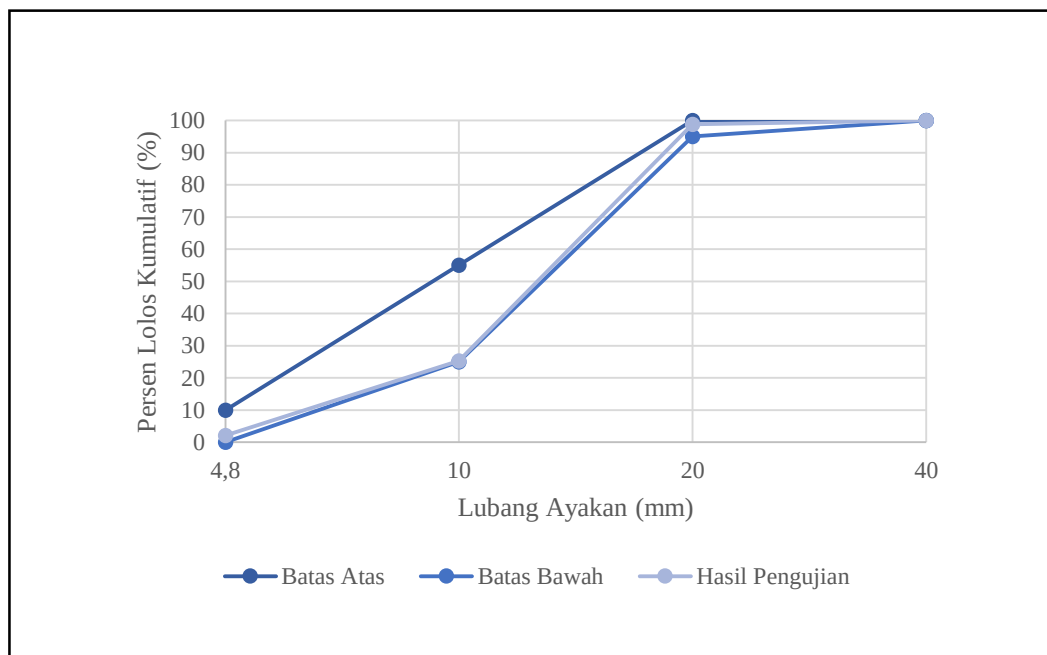
Lampiran 4 Laporan Sementara Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telp (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



Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 5 Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus



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

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

Uraian	Hasil Pengujian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat tabung, gr	11403	11066	-
Berat tabung + agregat kering tungku, gr	18276	18039	-
Berat agregat, gr	6873	6973	-
Diameter tabung, cm	15	15	-
Tinggi tabung, cm	30	30	-
Volume tabung, cm ³	5301,438	5301,438	-
Berat volume gembur, gr/cm ³	1,2964	1,3153	1,3059

Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 5 Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus



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

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

Uraian	Hasil Pengujian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat tabung, gr	11403	11066	-
Berat tabung + agregat kering tungku, gr	19727	19327	-
Berat agregat, gr	8324	8261	-
Diameter tabung, cm	15	15	-
Tinggi tabung, cm	30	30	-
Volume tabung, cm ³	5301,438	5301,438	-
Berat volume padat, gr/cm ³	1,5701	1,5583	1,5642

Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 6 Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar



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

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

Uraian	Hasil Pengujian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat tabung, gr	10920	10744	-
Berat tabung + agregat kering tungku, gr	17671	17880	-
Berat agregat, gr	6751	7136	-
Diameter tabung, cm	15	15	-
Tinggi tabung, cm	30	30	-
Volume tabung, cm ³	5301,438	5301,438	-
Berat volume gembur, gr/cm ³	1,2734	1,3461	1,3097

Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 6 Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar



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

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

Uraian	Hasil Pengujian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung, gr	10920	10744	-
Berat tabung + agregat kering tungku, gr	18633	18755	-
Berat agregat, gr	7713	8011	-
Diameter tabung, cm	15	15	-
Tinggi tabung, cm	30	30	-
Volume tabung, cm ³	5301,438	5301,438	-
Berat volume padat, gr/cm ³	1,4549	1,5111	1,4830

Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 7 Laporan Sementara Pengujian Lolos Saringan No. 200



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

PENGUJIAN LOLOS SARINGAN NO. 200 **/UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR** **(SNI 03-4142-1996)**

Uraian		Hasil Pengujian		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat kering sebelum dicuci,	gr	500	500	-
Berat kering setelah dicuci,	gr	497	496	-
Berat lolos saringan No. 200,	%	0,6	0,8	0,7

Dikerjakan oleh,
Mahasiswa

(Dani Fikri Haekal)

Lampiran 8 Laporan Sementara 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 Telpun (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON (SNI 03-1974-1990)

Nama : Dani Fikri Haekal
 NIM : 18511210
 Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Tugas Akhir S1

Variasi Benda Uji		Beban Maksimum	Diameter	Luas Penampang	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
		kN	Mm	mm ²	MPa	MPa
0%	1	355	151,6	18050,4604	19,6671	20,0157
	2	395	151,7	18074,2815	21,8543	
	3	330	150,6	17813,1131	18,5257	
0,25%	1	249	151,9	18121,9709	13,7402	15,4744
	2	320	151,1	17931,5904	17,8456	
	3	265	150,8	17860,4569	14,8372	
0,5%	1	254	151,8	18098,1184	14,0346	14,0634
	2	261	151,6	18050,4604	14,4595	
	3	243	150,3	17742,2152	13,6961	
0,75%	1	244	148,3	17273,1754	14,1259	13,7251
	2	231	153,8	18578,1537	12,4340	
	3	260	150,5	17789,4648	14,6154	
1%	1	255	150,0	17671,4587	14,4300	14,0978
	2	252	150,5	17789,4648	14,1657	
	3	244	150,6	17813,1131	13,6978	

Yogyakarta, 7 Juni 2023

Diperiksa oleh,

(Darussalam, A.Md.)

Kepala Laboratorium BKT,

(Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.)

Lampiran 9 Laporan Sementara Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



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

LAPORAN SEMENTARA PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON (SNI 03-2491-2002)

Nama : Dani Fikri Haekal
NIM : 18511210
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

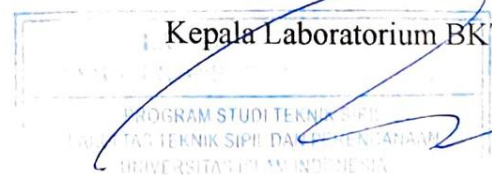
Variasi Benda Uji		Beban Maksimum	Dimensi		Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik Belah Rata-Rata
			Panjang (L)	Diameter (D)		
			mm	mm	MPa	
0%	1	157	303,5	150,0	2,1955	2,2457
	2	163	298,3	150,4	2,3130	
	3	160	300,3	152,2	2,2286	
0,25%	1	120	301,8	150,9	1,6775	1,6347
	2	118	301,2	152,1	1,6398	
	3	115	304,1	151,7	1,5870	
0,5%	1	75	302,4	152,8	1,0333	1,1234
	2	85	300,6	151,0	1,1922	
	3	82	301,0	151,5	1,1448	
0,75%	1	92	302,0	150,7	1,2869	1,2229
	2	81	300,0	151,6	1,1338	
	3	90	299,1	153,5	1,2480	
1%	1	102	317,0	152,9	1,3397	1,3027
	2	92	303,9	153,1	1,2588	
	3	95	299,1	154,4	1,3096	

Diperiksa oleh,

(Darussalam, A.Md.)

Yogyakarta, 7 Juni 2022

Kepala Laboratorium BKT,



(Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.)

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-10.1 Serat Potongan Limbah *Banner*



Gambar L-10.2 Agregat Kasar

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-10.3 Agregat Halus



Gambar L-10.4 Semen

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-10.5 Cetakan Beton



Gambar L-10.6 Peralatan Slump dan Pembuatan Campuran Beton

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-10.7 Jangka Sorong



Gambar L-10.8 Proses Pembuatan Campuran Beton

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-10.9 Pengujian Slump



Gambar L-10.10 Benda Uji Beton Umur 1 Hari

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

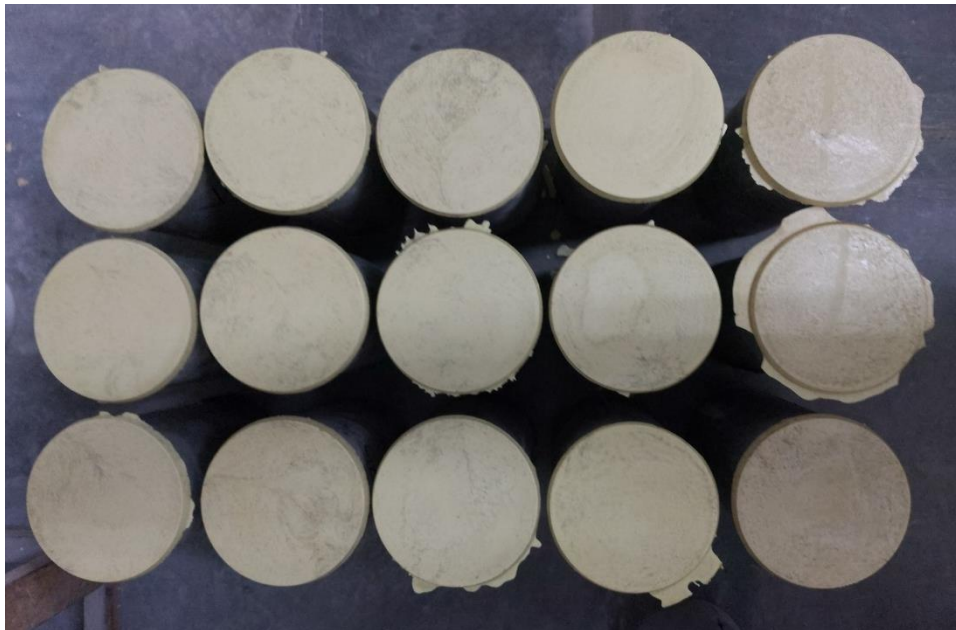


Gambar L-10.11 Perendaman Beton



Gambar L-10.12 Proses *Capping* Beton

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-10.13 Benda Uji Kuat Tekan Beton



Gambar L-10.14 Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton

Lampiran 10 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-10.15 Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L-10.16 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton