

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU DAN  
SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN  
KUAT LENTUR BETON  
(*EFFECT OF WOOD POWDER AND  
SUPERPLASTICIZER ADDITION ON CONCRETE  
COMPRESSIVE STRENGTH AND FLEXIBLE  
STRENGTH*)**

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



**Satria Hardanta Putra**

**19511275**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2024**

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU DAN  
SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN  
KUAT LENTUR BETON  
(EFFECT OF WOOD POWDER AND  
SUPERPLASTICIZER ADDITION ON CONCRETE  
COMPRESSIVE STRENGTH AND FLEXIBLE  
STRENGTH)



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

Diuji pada tanggal 29 Februari 2024

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

14.03.24

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.  
NIK: 165111301

Penguji I

14/03  
2024

Jafar, S.T., MURP., M.T.  
NIK: 185111305

Penguji II

15/3  
2024

Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.  
NIK: 185111304

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunafia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng.), IPM  
NIK: 095110101

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 15 Maret 2024

Yang Membuat Pernyataan



Satria Hardanta Putra

(19511275)



## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirahim

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu dan Bahan Tambah *Superplasticizer* terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton" dengan maksimal. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

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

1. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, nasihat, saran dan dorongan serta kesempatan yang diberikan kepada saya selama penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga Allah memberikan kesehatan kepada beliau, sehingga beliau selalu diberi kesempatan untuk membagi ilmu yang luar biasa kepada orang lain.
2. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Seluruh Dosen, yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama menempuh studi di Program Studi Teknik Sipil, FTSP UII.
4. Bapak Danang Sulindriyanto, S.E., M.M. dan Ibu Haryati S.E. selaku orang tua saya yang selalu tanpa lelah memberi doa, nasihat dan semangat kepada saya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Dirgantara Kusuma Putra, S.T. dan Ananda Kharisma Adyatma Wijaya selaku adik saya yang selalu memberikan motivasi beserta dukungan serta menjadi teman di kala sedih maupun senang.
  6. Bapak Zakky dan Ibu Dyah Sulindri, Selaku Pakdhe dan Budhe saya yang selalu memberikan doa, nasihat, motivasi, dan inspirasi dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
  7. Safira Intan Rahmadina, yang selalu memberikan bantuan, motivasi, tempat berkeluh kesah, serta menjadi inspirasi dalam memperjuangkan masa depan. Semoga yang di cita-citakan dapat terwujud.
  8. Teman-teman satu kontrakan yang selalu menemani penulis dalam kondisi apapun dan berbagi pengalaman kepada penulis.
  9. Teman-teman “WOW” yang juga terlibat dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
  10. Semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Saya menyadari Tugas Akhir saya ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saya memohon maaf dan berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi saya khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 15 Maret 2024

Penulis



Satria Hardanta Putra

(19511275)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Tinjauan Umum	8
2.2 Perbedaan Peneliti Terdahulu	8
2.2.1 Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan Beton	9
2.2.2 Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji pada Campuran Beton dengan <i>Superplasticizer</i>	9
2.2.3 Studi Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Kamper terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Beton Ringan	10
2.2.4 Pengaruh Penambahan Sika Fiber PPM-12 dan Viscocrete 3115 N terhadap Kekuatan Beton	10

2.2.5	Pengaruh Substitusi Agregat Halus dengan Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	11
2.2.6	Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu sebagai Substitusi Agregat Halus dan <i>Bestmittel</i> sebagai Zat Aditif terhadap Kuat Tekan Beton	12
2.3	Perbedaan dengan Penelitian yang Dilakukan	12
BAB III LANDASAN TEORI		19
3.1	Material Beton	19
3.2	Bahan Penyusun Beton	21
3.2.1	Agregat	21
3.2.2	Semen <i>Portland</i>	23
3.2.3	Air	24
3.2.4	Bahan Tambah ( <i>Admixture</i> )	25
3.3	<i>Superplasticizer</i>	27
3.4	Serbuk Kayu	27
3.5	Perencanaan Campuran	28
3.6	Kuat Tekan Beton	38
3.7	Kuat Lentur Beton	39
3.8	Absorpsi Beton	43
3.9	Umur Beton	43
3.10	Koefisien Korelasi	44
BAB IV METODE PENELITIAN		45
4.1	Umum	45
4.2	Variabel Penelitian	45
4.3	Lokasi Penelitian	46
4.4	Bahan-Bahan yang Digunakan	46
4.5	Alat-Alat yang Digunakan	47
4.6	Benda Uji	48
4.7	Pelaksanaan Penelitian	52
4.7.1	Persiapan Penelitian	52
4.7.2	Pengujian Agregat	53



4.7.3	Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	59
4.7.4	Pembuatan dan Pengujian Benda Uji <i>Trial</i> dengan Umur 3 hari	59
4.7.5	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	59
4.7.6	Pengujian Benda Uji	59
4.7.7	Olah Data	62
4.7.8	Analisis Data	62
4.7.9	Pembahasan	62
4.7.10	Kesimpulan dan Saran	62
4.7.11	Diagram Alir Penelitian	62
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		65
5.1	Hasil Pengujian	65
5.1.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	65
5.1.2	Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar	74
5.2	Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	82
5.3	Hasil Pengujian Benda Uji <i>Trial</i>	95
5.4	Hasil Pengujian <i>Slump</i>	96
5.5	Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton	100
5.5.1	Hubungan Berat Volume Beton dengan Variasi Penambahan Serbuk Kayu	105
5.6	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	108
5.6.1	Grafik Kuat Tekan Beton dengan Variasi Penambahan Serbuk Kayu dan Beton dengan Variasi Penambahan Serbuk Kayu serta <i>Superplasticizer</i>	113
5.7	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	118
5.8	Hasil Pengujian Absorpsi Beton	127
5.9	Hubungan Berat Volume, Absorpsi Beton, Kuat Lentur Beton terhadap Kuat Tekan	131
5.9.1	Analisis Hubungan Berat Volume dengan Kuat Tekan	133
5.9.2	Analisis Hubungan Penyerapan Air terhadap Kuat Tekan	135
5.9.3	Hasil Komparasi Peneliti dengan Peneliti Terdahulu	136



BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	138
6.1 Kesimpulan	138
6.2 Saran	139
DAFTAR PUSTAKA	140

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	14
Tabel 3.1 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar	30
Tabel 3.2 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Jenis Semen dan Agregat Kasar yang Digunakan	31
Tabel 3.3 Perkiraan Kadar Air Bebas ( $\text{kg/m}^3$ ) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	33
Tabel 3.4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus	34
Tabel 3.5 Angka Konversi Umur Benda Uji	43
Tabel 3.6 Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi	44
Tabel 4.1 Rincian Benda Uji	49
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	66
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1	69
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2	69
Tabel 5.4 Gradasi Agregat Halus	70
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	72
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	73
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Lolos Saringan no. 200	73
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	75
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Asli Sampel 1	77
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Asli Sampel 2	78
Tabel 5.11 Gradasi Agregat Kasar	79
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	81
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	81
Tabel 5.14 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar bila Data Hasil Uji yang Terjadi Tersedia Kurang dari 30	82

Tabel 5.15	Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas 0,5 dan Jenis Semen serta Agregat yang Dipakai di Indonesia	83
Tabel 5.16	Perkiraan Kadar Bebas (kg/m <sup>3</sup> ) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	85
Tabel 5.17	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus	85
Tabel 5.18	Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton	91
Tabel 5.19	Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton yang Digunakan pada <i>Mixing</i> Pertama	94
Tabel 5.20	Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton yang Digunakan pada <i>Mixing</i> Kedua	94
Tabel 5.21	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Trial	96
Tabel 5.22	Hasil Pengujian Nilai Slump dengan Bahan Tambah Serbuk Kayu	97
Tabel 5.23	Hasil Pengujian Nilai Slump dengan Bahan Tambah Serbuk Kayu dan <i>Superplasticizer</i>	98
Tabel 5.24	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Beton dengan Serbuk Kayu	101
Tabel 5.25	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Beton Serbuk Kayu dengan <i>Superplastizicer</i>	103
Tabel 5.26	Persentase Perubahan Berat Volume Kadar Variasi Serbuk Kayu terhadap Berat Volume Beton Normal	106
Tabel 5.27	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Kayu	109
Tabel 5.28	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Kayu dengan <i>Superplasticizer</i>	111
Tabel 5.29	Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu terhadap Beton Normal	115
Tabel 5.30	Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu serta <i>Superplasticizer</i> terhadap Beton Normal	115
Tabel 5.31	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Lentur	119
Tabel 5.32	Perbandingan Kuat Lentur terhadap Kuat Tekan Beton Normal	126

Tabel 5.33 Korelasi Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton Normal	126
Tabel 5.34 Rekapitulasi Hasil Pengujian Absopsi Beton	128
Tabel 5.35 Rekapitulasi Hasil Rerata Seluruh Pengujian	132
Tabel 5.36 Hasil Komparasi Peneliti dengan Peneliti Terdahulu	136



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tampilan Kemasan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N	27
Gambar 3.2 Tampilan Serbuk Penggergajian Kayu	28
Gambar 3.3 Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)	32
Gambar 3.4 Grafik Persen Agregat Halus terhadap Kadar Total yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm	34
Gambar 3.5 Grafik Persen Agregat Halus terhadap Kadar Total yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	35 34
Gambar 3.6 Grafik Persen Agregat Halus terhadap Kadar Total yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	35
Gambar 3.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Didapatkan	37 36
Gambar 3.8 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton	39
Gambar 3.9 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Beton	40
Gambar 3.10 Permodelan Uji Kuat Lentur Beton	40
Gambar 3.11 Patah Berada di Daerah Pusat pada 1/3 Jarak Titik	41
Gambar 3.12 Patah Berada Di Luar Pusat pada 1/3 Jarak Titik	41
Gambar 3.13 Patah Berada Di Luar 1/3 Bentang Tengah dan Garis Patah pada >5% dari Bentang	41 41
Gambar 3.14 Pembebanan Uji Kuat Lentur Satu titik	42
Gambar 4.1 <i>Flowchart</i>	63
Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat Halus Daerah III Sampel 1	71
Gambar 5.2 Kurva Gradasi Agregat Halus Daerah III Sampel 2	71
Gambar 5.3 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 1	79
Gambar 5.4 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 2	79
Gambar 5.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) untuk Benda Uji Silinder Diameter 150 mm, Tinggi 300 mm	84
Gambar 5.6 Grafik Persen Agregat Halus Terhadap Kadar Total yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	88

Gambar 5.7 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Didapatkan	89
Gambar 5.8 Nilai <i>Slump</i> terhadap Variasi Serbuk Kayu dan Variasi Serbuk Kayu dengan Penambahan SP 0,6%	98
Gambar 5.9 Pengujian <i>Slump</i>	99
Gambar 5.10 Hubungan Berat Volume Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu Jati	105
Gambar 5.11 Hubungan Berat Volume Beton dan Penambahan Serbuk Kayu Jati serta <i>Superplasticizer</i> 0,6%	106
Gambar 5.12 Hubungan Kuat Tekan dengan Variasi Penambahan Kadar Serbuk Kayu	113
Gambar 5.13 Hubungan Kuat Tekan dengan Variasi Penambahan Serbuk Kayu dan <i>Superplasticizer</i> 0,6%	114
Gambar 5. 14 Gabungan Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	114
Gambar 5.15 Hasil Pengujian Kuat Lentur Penambahan Serbuk Kayu	121
Gambar 5.16 Hasil Pengujian Kuat Lentur Penambahan Serbuk Kayu dan <i>Superplasticizer</i> 0,6%	121
Gambar 5.17 Perbandingan Tingkat Absorpsi Beton dengan Serbuk Kayu dan Beton Serbuk Kayu menggunakan <i>Superplasticizer</i> 0,6%	129
Gambar 5.18 Grafik Hubungan Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu terhadap Tingkat Absorpsi	130
Gambar 5.19 Grafik Hubungan Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu serta <i>Superplasticizer</i> terhadap Tingkat Absorpsi	131
Gambar 5.20 Berat Volume dan Kuat Tekan Serbuk Kayu	133
Gambar 5.21 Berat Volume Beton dan Kuat Tekan Serbuk Kayu dengan <i>Superplasticizer</i>	134
Gambar 5.22 Grafik Absorpsi dan Kuat Tekan Beton	135

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium	147
Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat	148
Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Perencanaan Campuran	165
Lampiran 4 Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Beton	166
Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	168
Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	170
Lampiran 7 Laporan Sementara Hasil Pengujian Absorpsi Beton	172
Lampiran 8 Dokumentasi Material Penelitian	173
Lampiran 9 Dokumentasi Alat Penelitian	175
Lampiran 10 Dokumentasi Pelaksanaan Pengujian	183

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PC	= <i>Portland Cement</i>
SNI	= Standar nasional Indonesia
PBI	= Peraturan Beton Indonesia
$f'_c$	= Kuat tekan Beton (MPa)
MPa	= Megapascal
$^{\circ}\text{C}$	= Derajat Celcius
M	= Nilai Tambah
$S_r$	= Deviasi standar
$f'_{cr}$	= Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan
SP	= <i>Superplasticizer Viscocrete 3115N</i>
fas	= Faktor air semen
$S_d$	= Deviasi Standar
w	= Kadar air bebas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$W_h$	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$W_k$	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
c	= Jumlah Semen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$B_{j_{gab}}$	= Berat Jenis relatif/gabungan agregat
$B_{j_{Ag. Halus}}$	= Berat jenis agregat halus
$B_{j_{Ag. Kasar}}$	= Berat jenis agregat kasar
%Ag. Halus	= Persentase agregat halus (%)
%Ag. Kasar	= Persentase agregat kasar (%)
$W_{ag. gab}$	= Kadar agregat gabungan ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$W_{beton}$	= Berat isi beton ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$W_{ag. halus}$	= Kadar agregat halus ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$W_{ag. kasar}$	= Kadar agregat kasar ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$W_{semen}$	= Kadar semen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
P	= Gaya tekan aksial (N)
A	= Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )



L	= Uji Kuat Lentur
K	= Uji Kuat Tekan
mm	= Milimeter
cm	= Centimeter
d	= Diameter Benda Uji Silinder (mm)
t	= Tinggi Benda Uji (mm)
p	= Panjang benda Uji (mm)
l	= Lebar Benda Uji (mm)

## ABSTRAK

Serbuk kayu merupakan material yang dapat digunakan sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti dalam campuran beton. Namun, penggunaan serbuk kayu sebagai bahan tambah yang terlampaui banyak dapat menurunkan nilai kuat tekan dan meningkatkan nilai absorpsi dari beton yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alternatif yaitu bahan tambah (*admixture*) yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah *superplasticizer* merk Sika Viscocrete 3115 N untuk memperbaiki nilai *workability* beton, meningkatkan kuat tekan beton dan menurunkan nilai absorpsi pada beton. Pada penelitian ini juga digunakan bahan tambah serbuk kayu sebanyak 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dari berat agregat halus dan bahan tambah *superplasticizer* sebanyak 0,6% dari berat semen terhadap beton dengan penambahan serbuk kayu. Pengujian dikerjakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan, nilai kuat lentur, nilai *workability* dan nilai absorpsi pada umur 28 hari. Perhitungan perencanaan campuran beton menggunakan SNI 2834-2000 dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Kemudian untuk perhitungan hasil kuat tekan digunakan SNI 1974-2011 dan kuat lentur menggunakan SNI 03-4431-1997.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran antara serbuk kayu jati dan Sika Viscocrete 3115 N dapat menaikkan nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton, serta menurunkan nilai penyerapan air beton. Nilai kuat tekan beton dapat meningkat hingga 20,73% dan nilai kuat lentur hingga 13,83% dari beton normal dengan *superplasticizer*. Nilai kuat tekan dan kuat lentur optimum terdapat pada variasi beton dengan variasi serbuk kayu sebanyak 2% dan *superplasticizer* 0,6% yaitu sebesar 34,37 MPa dan 4,02 MPa. Hasil pengujian absorpsi beton serbuk kayu variasi 2,5% dengan penambahan *superplasticizer* sebesar 5,40%, kemudian untuk beton serbuk kayu variasi 2,5% sebesar 6,14%, sehingga dengan tambahan *superplasticizer*, hasil absorpsi beton serbuk kayu menjadi lebih rendah.

**Kata kunci:** Beton, Serbuk Kayu, Sika Viscocrete 3115 N, Kuat tekan, Kuat Lentur

## **ABSTRACT**

*Wood powder is a material that can be used as an additive or substitute in concrete mixtures. However, the use of wood powder as an excessive additive can lower the compressive strength and increase the absorption value of the concrete produced. Therefore, an alternative, an admixture, is needed to solve the problem. In this study, we used a superplasticizer brand Sika Viscocrete 3115 N to improve the workability value of concrete, increase compressive strength, and reduce the absorption value on concrete. In the study we also used wood powder additives of 1%, 1,5%, 2%, 2,5% of the weight of fine aggregate and superplasticizer additive of 0,6% of cement weight against concrete with the addition of powder. Tests were carried out to obtain compressive strength, flexibility strength, workability and absorption values at the age of 28 days. Calculation of concrete mixture planning using SNI 2834-2000 with design compressive strength of 25 MPa. Then to calculate the compressive strength results, SNI 1974-2011 is used and flexible strength is used SNI 03-4431-1997.*

*The results of the research showed that a mixture of wood powder and Sika Viscocrete 3115 N can increase the compressive strength and flexible strength of concrete, as well as decrease the water absorption value of the concrete. The compressive strength of concrete can be increased to 20,73% and the flexible strength to 13,83% of normal concrete with a superplasticizer. The optimum compressive strength and flexible strength in concrete variations with a variation of wood powder of 2% and a superplasticizer of 0,6% that is of 34,37 MPa and 4,02 MPa. The result of the trial of the absorption of the concrete powder variation 2,5% with the addition of the superplasticizer of 5,4%, then for wood powders concrete the variation 2,5% of 6,14%, so that with the additional superplasticizer, the result of wood powder concrete is lower.*

**Keywords:** *Concrete, Wood powder, Sika Viscocrete 3115 N, Compressive Strength, Flexible Strength*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan infrastruktur di Indonesia mengalami pertumbuhan yang begitu signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Beton adalah salah satu bahan utama dalam proyek konstruksi. Beton digunakan dalam pembangunan gedung, jembatan dan berbagai fasilitas lainnya. Beton merupakan unsur terpenting dalam sebuah konstruksi bangunan, mengingat fungsi beton sebagai salah satu pembentuk struktur yang paling sering diaplikasikan oleh masyarakat. Pada era globalisasi dengan kemajuan teknologi membuat bidang konstruksi semakin berkembang sehingga banyak ditemukan beragam inovasi yang memodifikasi bahan-bahan konstruksi dalam membuat suatu campuran beton. Menurut Rachman (Jendral Bina Konstruksi) pembangunan infrastruktur merupakan ekonomi nasional, berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), kontribusi sektor konstruksi terhadap Produk Bruto Domestik (PDB) kita terus meningkat, dengan rata-rata pertumbuhan 5% per tahun dan kontribusi rata-rata sebesar 10,6% terhadap PDB nasional. Pada tahun 2018, sektor ini tumbuh 6,09% sementara pertumbuhan ekonomi nasional hanya 5,01% kemudian pada tahun 2019 dengan pertumbuhan sektor konstruksi sebesar 5,75% melampaui pertumbuhan ekonomi nasional sebesar 5,02%.

Menurut ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Pemakaian bahan tambah dapat digunakan sesuai dengan takaran agar tidak mengakibatkan kerusakan yang bisa mempengaruhi mutu dan kualitas beton yang direncanakan.

Beton merupakan material komposit yang terdiri dari beberapa komponen yaitu kerikil, pasir, semen dan air. Beton memiliki keunggulan yaitu mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi. Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian standar dengan benda uji yang lazim di gunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji silinder adalah tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Kuat tekan masing-masing



benda uji ditentukan oleh tegangan tertinggi ( $f'_c$ ) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban selama percobaan (Dipohusodo, 1996).

Perkembangan pengolahan kayu merupakan salah satu industri pertumbuhan yang sangat pesat. Salah satu dampak negatif dari adanya pengolahan industri kayu ini adalah adanya limbah kayu terdapat pada setiap pengolahan kayu berupa serbuk kayu. Menurut Cahyo (2023) penggunaan limbah industri adalah sebagai salah satu upaya dalam meminimalisir dampak negatif dari pencemaran lingkungan yang sering terjadi akibat kurangnya pengetahuan serta inovasi dalam pengelolaan limbah-limbah industri, di antaranya adalah limbah serbuk kayu. Umumnya limbah penggergajian kayu ini dimanfaatkan sebagai pembuatan kompos, namun ada saja yang membuang dan membakar limbah penggergajian kayu bekas industri. Pembuangan limbah serbuk kayu terhadap lingkungan menimbulkan dampak negatif selain membuat kotor lingkungan akibat menumpuknya limbah serbuk kayu, dampak lain dikarenakan adanya pembakaran serbuk kayu tentu saja dapat menimbulkan polusi udara yang bisa mengganggu masyarakat maka perlu dilakukan cara-cara lain dalam menanggulangnya (Ginting, 1998). Pada era ini mulai dikembangkan penggunaan limbah serbuk kayu pada berbagai macam bidang, contohnya saja pada bidang konstruksi pembangunan.

*Admixture* merupakan bahan-bahan berupa cairan ataupun bubuk yang ditambahkan pada campuran beton pada saat pencampuran (*mixing*) beton berlangsung. Fungsi *admixture* dalam campuran beton ialah sebagai bahan dalam meningkatkan performa dan sifat campuran beton sesuai dengan keadaan beton yang direncanakan. Salah satu jenis *admixture* yang bisa untuk digunakan dalam meningkatkan kualitas kuat tekan beton dan uji *slump* pada beton adalah *superplasticizer*. Bahan tambah *superplasticizer* memiliki pengaruh untuk mempertahankan faktor air semen yang telah direncanakan, mengurangi jumlah pemakaian air, mempercepat waktu pengerasan, membuat mutu beton tinggi, beton kedap air, mengurangi penyusutan dan keretakan.

Serbuk kayu merupakan bahan yang digunakan sebagai campuran pada beton yang berbentuk serbuk maupun serat yang berfungsi sebagai *filler* atau pengisi pori-pori rongga. Serbuk kayu memiliki material ringan dibandingkan dengan material

lain pada bahan penyusun beton pada pembuatan beton dalam mengurangi rongga-rongga udara pada beton digunakan *filler* atau pengisi pori-pori agar beton lebih kedap air dan kuat tekan meningkat (Ritonga., dkk, 2023). Penambahan serbuk kayu pada beton dapat berpengaruh terhadap kuat tekan di mana serbuk kayu merupakan salah satu material yang memiliki selulosa yang tinggi apabila ditambahkan dalam campuran pasta semen dan pasir terhadap beton, senyawa ini akan terserap oleh permukaan partikel serta memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, kemudian juga menghambat difusi air pada material akibat dari sifat hidrofob oleh karena itu beton lebih kuat dan relatif tidak tembus air (Gargulak, 2001).

Pada penelitian Syarifudin (2020) menjelaskan bahwa beton dengan penambahan serbuk kayu sebesar  $1 \text{ kg/m}^3$  mempunyai peningkatan kuat tekan terhadap beton normal sebesar 1,22%. Dalam penelitian dilakukan Ikhsan (2013) hasil dari penambahan serbuk gergaji sebanyak 5 gr terhadap benda uji kubus dengan ukuran 15 cm pada tiap sisinya menghasilkan peningkatan kuat tekan beton sebesar 8,7%. Hasil penelitian dari Darmayanti (2021) menjelaskan pada beton dengan penambahan serbuk kayu kamper memiliki peningkatan nilai kuat tekan sebesar 0,98%. Oleh karena itu, pada penelitian yang telah dipaparkan memiliki kenaikan pada nilai kuat tekan, maka penulis memiliki asumsi bahwa pada beton dengan menambahkan serbuk kayu maka akan memiliki nilai kuat tekan yang meningkat.

Berdasarkan Tjokrodimuljo (2007), penambahan serat dalam beton memiliki akibat berkurangnya tingkat kemudahan pengerjaan dan memudahkan agar tidak terjadi segregasi. Hal tersebut dikarenakan oleh air yang tertahan pada sekitar permukaan serat sehingga menyebabkan berkurangnya *workability* beton dan membuat nilai *slump* menjadi turun. Sebagai cara untuk menghindari permasalahan tersebut, maka digunakan bahan tambah *superplasticizer* yang digunakan untuk meningkatkan kelecakan pada beton agar beton mudah dalam pengerjaannya, kegunaan lain dari bahan tambah ini juga dapat mempercepat proses pengerasan dan meningkatkan *workability* beton. Dalam penelitian dilakukan Sugiatmo (2017) menjelaskan bahwa penggunaan ViscoCrete dengan perolehan

kadar optimum penambahannya sebesar 0,6% dari berat semen. Dalam penelitian ini akan ditambahkan *superplasticizer* pada beton dengan bahan tambah serbuk kayu jati dengan maksud untuk menjaga kelecakan campuran beton, melihat dari sifat kayu sendiri yang memiliki tingkat penyerapan kayu yang tinggi sehingga dengan penambahan *superplasticizer* Sika *Viscocrete* 3115 N diharapkan meningkatkan *workability* serta kuat tekan yang lebih tinggi pada sebuah campuran beton.

Berdasarkan pada beberapa penelitian yang terdahulu, penulis melakukan penelitian yang berbeda dengan penelitian terdahulu. Penelitian yang akan dilakukan oleh penulis ialah penggunaan bahan tambah serbuk kayu jati dengan kadar 1%, 1,5%, 2%, 2,5% tanpa menggunakan bahan tambah *superplasticizer* Sika *Viscocrete* 3115N pada campuran beton dan beton dengan penggunaan serbuk kayu jati dengan kadar 1%, 1,5%, 2%, 2,5% serta bahan tambah *superplasticizer* Sika *Viscocrete* 3115N variasi 0,6%. Nilai mutu beton yang direncanakan adalah 25 MPa. Pelaksanaan pengujian dilakukan pada umur rencana 28 hari dengan mencari nilai kuat tekan optimum, kuat lentur yang paling optimum, serta nilai absorpsi yang terendah. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30, Balok dengan panjang 60 cm, tinggi 15 cm, lebar 15 cm serta kubus dengan dimensi pada tiap sisi 15 cm. Melihat dalam beberapa penelitian yang telah dijelaskan hanya dilakukan penelitian pada kuat tekan saja, sedangkan pada penelitian ini penulis mencantumkan beberapa faktor yang mempengaruhi material terhadap pada kuat tekan, kuat lentur dan nilai absorpsi beton.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, maka dapat diambil kesimpulan dalam perumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kayu dan *superplasticizer* Sika *Viscocrete* 3115N terhadap pada kuat tekan dan kuat lentur?

2. Berapa persentase optimum penggunaan serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* Sika Viscocrete 3115N dalam menghasilkan nilai yang tinggi pada kuat tekan dan kuat lentur beton?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang akan dicapai adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan hasil penelitian pengaruh terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada beton dengan kadar serbuk kayu jati dengan penambahan *superplasticizer* Sika Viscocrete 3115N.
2. Mendapatkan nilai persentase optimum dari penggunaan serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* Sika Viscocrete 3115N dalam mendapatkan kuat tekan dan lentur yang tinggi serta nilai absorpsi yang rendah.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai fungsi dari bahan tambah serbuk kayu dan *superplasticizer* untuk meningkatkan kuat tekan beton, mempercepat kekuatan beton dengan cara meningkatkan nilai *slump*.
2. Memberikan inovasi dan kontribusi dalam dunia konstruksi berbentuk informasi mengenai bahan tambah serbuk kayu dan *superplasticizer* pengembangan kekuatan beton dalam mempercepat durasi pekerjaan di lapangan.

### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dibuat supaya penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton rencana ( $f'_c$ ) sebesar 25 MPa.
2. Perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 2834 – 2000.

3. Variasi kadar bahan tambah serbuk kayu dan *superplasticizer* yang digunakan adalah 1%, 1,5%, 2%, 2,5% terhadap berat agregat halus dan 0,6% terhadap berat semen.
4. Nilai *slump*  $10 \pm 2$  cm.
5. Semen yang digunakan adalah semen tipe 1 dengan *merk* Tiga Roda.
6. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian berukuran maksimum 20 mm.
7. Agregat kasar berasal dari Clereng.
8. Agregat halus berasal dari Kali Progo.
9. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
10. Bahan tambah berupa serbuk kayu berasal dari penggergajian kayu jati.
11. Bahan tambah berupa *superplasticizer* yang digunakan adalah merk Sika *Viscocrete 3115N*.
12. Tidak meneliti mengenai kandungan kimia pada bahan tambah *superplasticizer*.
13. Tidak meneliti mengenai kandungan yang terdapat pada serbuk kayu dari beberapa jenis kayu.
14. Benda uji yang digunakan terdiri dari benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan 30 cm untuk kuat tekan beton, kemudian untuk pengujian kuat lentur beton menggunakan benda uji balok dengan dimensi 60 cm x 15 cm x 15 cm.
15. Pengujian beton keras dilakukan pada umur beton 28 hari.
16. Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
17. Macam-macam pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.
  - a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus berdasarkan SNI 1970-1990.
  - b. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar berdasarkan SNI 1969-1990.
  - c. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus berdasarkan SNI 1968-1990.
  - d. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar berdasarkan SNI 1968-1990.

- e. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus berdasarkan SNI 4804-1998.
  - f. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Kasar berdasarkan SNI 4804-1998.
  - g. Pengujian Butiran Lolos Ayakan no. 200 (Uji Kandungan Lumpur Dalam Pasir) berdasarkan SNI 4142-1996.
  - h. Pengujian Slump Beton berdasarkan SNI 1972-2008.
  - i. Pengujian Kuat Tekan Berdasarkan SNI 03 – 1974 – 2011.
  - j. Pengujian Kuat Lentur Berdasarkan SNI 4154 – 2014 untuk pembebanan satu titik dan 4431 – 2011 untuk uji pembebanan dua titik.
  - k. Pengujian *workability* menggunakan uji *slump*.
18. Pengaruh suhu, udara serta faktor yang memengaruhi lainnya diabaikan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Beton merupakan campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) lainnya yang membentuk massa padat (SNI 2847-2019). Bahan tambah dibedakan dari dua jenis, ialah bahan tambah kimia dan bahan tambah mineral.

Beton merupakan bahan bangunan komposit yang terbuat dari beberapa kombinasi mulai dari pasir, kerikil, semen, air dan bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu Tjokromuldjo, (1992). Beton menurut Tjokromuldjo, (1996) memiliki kelebihan antara lain sebagai berikut: harganya relatif murah, mampu memikul beban yang berat, mudah dibentuk sesuai pekerjaan konstruksi, biaya perawatan atau pemeliharaannya relatif sedikit dan terbilang mudah, material campuran beton mudah didapatkan di pasaran. Beton juga memiliki kelemahan menurut Tjokromuldjo, (1996) yaitu beton memiliki nilai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak, adanya faktor perubahan suhu yang membuat beton mengembang atau menyusut, beton memiliki sifat sulit untuk kedap air oleh karena itu air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton, beton sulit untuk diubah.

Penambahan serat ke dalam adukan beton dapat menurunkan kelecakan, hal ini membuat proses pengadukan dan pengecoran beton menjadi sulit dilakukan. Semakin banyak penambahan serat pada campuran beton, maka semakin turun nilai *slump*-nya (Purnomo dan Darmadi, 2006).

#### **2.2 Perbedaan Peneliti Terdahulu**

Penelitian ini menggunakan hasil penelitian yang sudah ada sebelumnya sebagai tinjauan pustaka. Penelitian yang telah terdapat sebelumnya yang digunakan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian ini di antara lain.

### 2.2.1 Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan Beton

Ikhsan (2013), melakukan penelitian mengenai pengaruh serbuk kayu sebagai bahan tambah pada campuran beton normal terhadap kuat tekan beton. Dalam penelitian ini digunakan serbuk gergaji kayu ulim pada campuran beton dalam meningkatkan kuat tekan beton. Serbuk gergaji diambil dari sisa penggergajian pabrik di daerah Desa Rambah dan Tengah Hilir Kabupaten Rokan Hulu – Riau. Penambahan serbuk gergaji dalam campuran adukan beton sebanyak 0 gr/kubus dan 5 gr/kubus. Banyak semen yang digunakan adalah  $325 \text{ kg/m}^3$  dengan faktor air semen (fas) 0,55 dan berat beton yang dipakai  $2380 \text{ kg/m}^3$ . Dari penelitian yang telah dilakukan terjadi peningkatan kuat tekan beton setelah ditambahkan campuran serbuk gergaji sebanyak 5gr/kubus. Terjadi peningkatan kuat tekan sebanyak 8,7% dibandingkan beton sebelum penambahan serbuk gergaji. Kuat tekan yang didapat setelah penambahan serbuk gergaji sebesar  $138,9 \text{ kg/cm}^2$ , namun tanpa penambahan serbuk gergaji kuat tekan beton memiliki nilai sebesar  $127,78 \text{ kg/cm}^2$ .

### 2.2.2 Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji pada Campuran Beton dengan *Superplasticizer*

Irlando (2019), melaksanakan penelitian mengenai pengaruh serbuk gergaji sebagai bahan tambah material terhadap agregat pada campuran beton terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai optimum dari kuat tekan serta kuat tarik pada beton. Variasi serbuk gergaji kayu jati yang digunakan pada penelitian sebanyak 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%, kemudian digunakan *superplasticizer* merek Sikament LN dengan kadar 1% pada tiap variasi penambahan serbuk gergaji kayu jati. Terjadi peningkatan kuat tekan optimum pada variasi serbuk gergaji 0,25% sebesar 26,58% dan pada variasi lain cenderung terjadi penurunan. Sedangkan untuk nilai kuat tarik beton terjadi penurunan terbesar pada variasi penambahan serbuk gergaji kayu jati sebesar 0,75% dengan nilai penurunan sebesar 21,23% namun pada penambahan serbuk gergaji kayu jati variasi 1% memiliki nilai kuat tarik yang lebih baik atau mengalami peningkatan walaupun belum mencapai nilai kuat tarik di atas beton normal. Dalam pengujian absorpsi dan porositas yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai porositas akan semakin meningkat juga dapat menyebabkan meningkatnya



penyerapan air. Hal ini ditunjukkan pada kadar serbuk gergaji kayu jari variasi 1% memiliki nilai penyerapan air tertinggi yaitu sebesar 5,174% dan juga memiliki porositas yang paling tinggi.

### 2.2.3 Studi Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Kamper terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Beton Ringan

Maulana (2023), penelitian yang dilakukan memiliki tujuan untuk mengetahui kuat desak optimum dan berat volume pada beton dengan penambahan serbuk kayu kamper sebagai bahan tambah terhadap beton. Penambahan serbuk kayu yang dilakukan dalam penelitian memiliki variasi penambahan 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%. Pada penelitian ini dilakukan penelitian kuat tekan beton berdasarkan umur yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan perawatan beton menggunakan cara perendaman karena cara tersebut adalah suatu cara yang paling efektif dalam menghindari pengaruh cuaca terhadap proses pengeras yang dapat mempengaruhi kekuatan beton. Pada penelitian ini didapatkan peningkatan sebesar 8,6% pada kuat tekan beton dengan campuran serbuk kamper dengan nilai kuat tekan beton sebesar 38 MPa. Persentase campuran serbuk kayu kamper berpengaruh pada kuat tekan beton semakin besar persentase serbuk kayu yang dipakai maka akan semakin kecil kekuatan terhadap kuat tekan beton. Pada pengujian berat volume didapatkan nilai berat volume sebesar 1760 kg/m<sup>3</sup> pada beton dengan penambahan 0,5% serbuk kayu kamper, sedangkan pada beton normal memiliki nilai berat volume sebesar 2270,98 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu beton pada campuran beton mengurangi nilai berat volume pada beton. Selain itu pada SNI 2847 – 2019 yang dikatakan beton ringan ialah beton yang memiliki berat jenis dibawah 1840 kg/m<sup>3</sup>.

### 2.2.4 Pengaruh Penambahan Sika Fiber PPM-12 dan Viscocrete 3115 N terhadap Kekuatan Beton

Insani (2023), menerangkan pada penelitian bahwa beton adalah komponen struktur umum digunakan karena beberapa kelebihan yang dimilikinya. Beton memiliki kelemahan terhadap gaya tarik dan lentur karena sifatnya getas. Salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan yaitu dengan menambahkan bahan tambah berupa serat sintetis bebahan *polypropylene* yaitu SikaFiber – 12 pada campuran.

Dalam penelitian ini ditambahkan bahan tambah berupa *superplasticizer* yang merupakan salah satu produk *Sika Group* yaitu Sika ViscoCrete 3115 sebagai cara dalam meningkatkan kemudahan pengerjaan dalam campuran beton. Pada penelitian ini dipakai metode SNI 03-2834-200 dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai optimum dari penambahan serat *polypropylene* dengan variasi kadar penambahan 0,5 kg/m<sup>3</sup>, 0,6 kg/m<sup>3</sup>, 0,7 kg/m<sup>3</sup>, 0,8 kg/m<sup>3</sup>, 0,9 kg/m<sup>3</sup>, 1 kg/m<sup>3</sup> disertai *superplasticizer* 0,6% terhadap berat semen ke dalam campuran beton. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi kuat tekan uji kuat tarik belah, uji modulus elastisitas, dan uji kuat lentur pada balok. Didapatkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,7 kg/m<sup>3</sup> menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dengan peningkatan kuat tekan sebesar 57,08%, peningkatan kuat tarik sebesar 31,63%, Peningkatan kuat lentur sebesar 17,91%, dan peningkatan modulus elastisitas terukur sebesar 27,63% terhadap beton normal tanpa bahan tambah.

#### 2.2.5 Pengaruh Substitusi Agregat Halus dengan Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Risal (2022), memanfaatkan serbuk kayu yang berasal dari pabrik pengelolaan kayu akan digunakan sebagai substitusi agregat halus pada pembuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah serbuk kayu terhadap kuat tekan, kuat lentur, *workability*, dan berat jenis pada beton. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dengan percobaan langsung di laboratorium. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan substitusi agregat halus pada campuran beton, untuk kuat tekan beton pada umur beton 28 hari dengan variasi 0% (beton normal), 2%, 3%, dan 4% masing-masing sebesar 27,176 MPa, 25,572 MPa, 25,100 MPa, 24,817 MPa. Hal ini menunjukkan adanya penurunan kuat tekan dari beton normal. Sedangkan untuk kuat lentur rata-rata pada umur beton 28 hari dengan variasi 0% (beton normal) sebesar 3,733 MPa, variasi 2% sebesar 5,466 MPa, variasi 3% sebesar 6,000 MPa, dan variasi 4% sebesar 6,933 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak serbuk kayu maka kuat lentur beton juga semakin meningkat. Tingkat kemudahan pengerjaan *workability* yang cukup mudah

dalam pengerjaannya tidak mengalami pemisahan, rongga-rongga udara berkurang juga beton mengeras dengan baik. Hasil penelitian untuk berat jenis beton menunjukkan untuk nilai beton silinder variasi normal rata-rata  $2297 \text{ kg/m}^3$ , variasi 2% rata-rata  $2267 \text{ kg/m}^3$ , variasi 3% rata-rata  $2253 \text{ kg/m}^3$ , variasi 4% rata-rata  $2254 \text{ kg/m}^3$ . Untuk balok variasi normal  $2444 \text{ kg/m}^3$ , balok variasi 2% sebesar  $2369 \text{ kg/m}^3$ , balok variasi 3% sebesar  $2359 \text{ kg/m}^3$ , balok variasi 4% sebesar  $2337 \text{ kg/m}^3$ .

#### 2.2.6 Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu sebagai Substitusi Agregat Halus dan *Bestmittel* sebagai Zat Aditif terhadap Kuat Tekan Beton

Harnawansyah (2023), melakukan penelitian ini menggunakan bahan tambah berupa serbuk kayu jati sebagai substitusi agregat halus penambahan persentase serbuk kayu sebesar 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% serta zat aditif *bestmittel* sebesar 0,5%. Penambahan serbuk kayu digunakan untuk mengetahui pengaruh dalam kuat tekan beton. Penelitian ini juga menambahkan zat aditif *bestmittel* untuk mempercepat pengerasan pada beton serta menambah mutu kuat tekan beton. Dalam penelitian ini beton dibuat dalam bentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dengan jumlah benda uji keseluruhan sebanyak 36 buah, pengujian dilakukan dalam waktu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan mutu beton  $f_c' 25 \text{ MPa}$  berdasarkan SNI 03-2834-2000. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan beton pada persentase serbuk kayu 0% sebesar 26,124 MPa, serbuk kayu 2,5% dan *bestmittel* 0,5% sebesar 27,067 MPa, serbuk kayu 5% dan *bestmittel* 0,5% sebesar 22,541 MPa, serbuk kayu 7,5% dan *bestmittel* 0,5% sebesar 20,56 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu sebagai substitusi agregat halus dan zat aditif *bestmittel* meningkatkan kuat tekan beton sebesar 3,609% pada persentase serbuk kayu 2,5% dan zat aditif *bestmittel* 0,5%, sedangkan penambahan persentase serbuk kayu 5% dan 7,5% dengan zat aditif *bestmittel* 0,5% cenderung mengalami penurunan kuat tekan beton.

### 2.3 Perbedaan dengan Penelitian yang Dilakukan

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat dilakukan penelitian yang berbeda dengan penelitian terdahulu, yaitu menggunakan bahan tambah yaitu serbuk kayu dengan persentase penambahan sebesar 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5% serta

*superplasticizer* dengan persentase 0,6% dari berat semen. Dengan mutu beton rencana 25 MPa serta menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta benda uji kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Pada penelitian sebelumnya kadar bahan tambah serbuk kayu dan *superplasticizer* tertinggi adalah sebesar 7,5% dan 1% dari semen. Selanjutnya pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder 15 cm diameter dan 30 cm tinggi pengujian yang dilakukan pengujian kuat tekan beton. Sedangkan untuk Uji kuat lentur digunakan balok dengan dimensi lebar 15 cm, tinggi 15 cm, dan 60 cm untuk panjang. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Muhammad Ikhsan Saifuddin (2013)	Argo Irlando (2019)	Muhammad Ichwan Maulana (2023)	Fahrur Ihza Insani (2023)	Muhammad Risal, Jasman, dan Hamka (2022)	M. Sazili Harnawansyah (2023)	Penulis (2023)
Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan Beton	Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji pada Campuran Beton dengan <i>Superplasticizer</i>	Studi Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Kamper terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Beton Ringan	Pengaruh Penambahan Sika Fiber PPM-12 dan Viscocrete 3115 N terhadap Kekuatan Beton	Pengaruh Substitusi Agregat Halus dengan Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu sebagai Substitusi Agregat Halus dan <i>Bestmittel</i> sebagai Zat Aditif terhadap Kuat Tekan Beton	Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu dan <i>Superplasticizer</i> ViscoCrete 3115 N terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui pengaruh dari serbuk kayu ulim terhadap kuat tekan beton	Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk gergaji terhadap kuat	Untuk mengetahui hasil kuat tekan dan kuat tekan optimum dari beton dengan	Mengetahui pengaruh penambahan SikaFiber PPM-12 dengan <i>superplasticizer</i>	Untuk mengetahui pengaruh dari penambahan serbuk kayu terhadap kuat	Mengkaji pengaruh penambahan serbuk kayu dan zat aditif <i>bestmittel</i>	Untuk mengetahui pengaruh dari penambahan serbuk kayu dan zat aditif

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Muhammad Ikhsan Saifuddin (2013)	Argo Irlando (2019)	Muhammad Ichwan Maulana (2023)	Fahrur Ihza Insani (2023)	Muhammad Risal, Jasman, dan Hamka (2022)	M. Sazili Harnawansyah (2023)	Penulis (2023)
	dalam penambahan serbuk kayu ulim dan tidak ada penambahan serbuk kayu	tekan dan kuat tarik beton serta menentukan persentase optimal penambahan serbuk gergaji	campuran serbuk kayu kamper serta untuk mengetahui hasil berat beton dengan penambahan serbuk kayu kamper	ViscoCrete 3115 N sebanyak 0,6% berat semen terhadap kekuatan beton, dan mengetahui komposisi optimum	tekan dan kuat lentur pada beton	terhadap kuat tekan beton serta menentukan persentase kuat tekan optimal pada penggunaan bahan tambah tersebut	<i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan lentur beton
Kuat Tekan Rencana	25 MPa	25 MPa	35 MPa	25 MPa	25 MPa	25 MPa	25 MPa
Varian Penelitian	Penambahan serbuk kayu gergaji ulim sebanyak 5gr/kubus	Penambahan serbuk gergaji 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1% terhadap berat total agregat	Varian campuran serbuk kayu kamper yang digunakan sebagai substitusi dari	Penambahan Sika Fiber PPM-12 persentase 0,5 kg/m <sup>3</sup> , 0,6 kg/m <sup>3</sup> , 0,7 kg/m <sup>3</sup> ,	Penambahan limbah serbuk kayu dengan variasi 0%, 2%, 3%, dan 4%	Penambahan serbuk kayu jati 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% serta penambahan <i>bestmittel</i> 0,6%	Penambahan limbah serbuk kayu dengan variasi 0% (beton normal), 1%, 1,5%, 2%,

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Muhammad Ikhsan Saifuddin (2013)	Argo Irlando (2019)	Muhammad Ichwan Maulana (2023)	Fahrur Ihza Insani (2023)	Muhammad Risal, Jasman, dan Hamka (2022)	M. Sazili Harnawansyah (2023)	Penulis (2023)
			agregat halus 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%	0,8 kg/m <sup>3</sup> , 0,9 kg/m <sup>3</sup> dan 1 kg/m <sup>3</sup> beton dengan Sika ViscoCrete 0,6% berat semen			dan 2,5% serta penambahan <i>superplasticizer</i> 0,6%
Parameter Pengujian	Kuat tekan	Kuat tekan dan kuat tarik	Kuat tekan	Kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik, dan kuat lentur	Kuat tekan dan kuat lentur	Kuat tekan	Kuat tekan dan kuat lentur
Benda Uji	Silinder 15 x 30 cm	Silinder 15 x 30 cm	Silinder 15 x 30 cm	Silinder 15 x 30 cm Balok 40 x 10 x 10 cm	Silinder 15 x 30 cm Kubus 15 x 15 x 15 cm	Silinder 15 x 30 cm	Silinder 15 x 30 cm Balok 60 x 15 x 15 cm
Umur Beton	28 hari	28 hari	7 hari 14 hari	28 hari	28 hari	7 hari 14 hari	28 hari

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Muhammad Ikhsan Saifuddin (2013)	Argo Irlando (2019)	Muhammad Ichwan Maulana (2023)	Fahrur Ihza Insani (2023)	Muhammad Risal, Jasman, dan Hamka (2022)	M. Sazili Harnawansyah (2023)	Penulis (2023)
			28 hari			28 hari	
Hasil Pengujian	Terjadi peningkatan kuat tekan sebanyak 8,7% dibanding beton sebelum penambahan serbuk gergaji. Kuat tekan yang didapat setelah penambahan serbuk gergaji sebesar 138,9 kg/cm <sup>2</sup> sedangkan tanpa serbuk gergaji kuat tekan beton	Didapatkan peningkatan kuat tekan pada hasil pengujian dengan variasi serbuk gergaji 0,25% sebesar 29,28% dan pada penambahan serbuk gergaji berikutnya cenderung mengalami penurunan, namun nilai kuat tarik beton pada	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu kamper berpengaruh dalam meningkatkan nilai kuat tekan pada beton sebesar 6% terhadap beton normal. Hasil tersebut merupakan	Hasil penelitian pada kadar penambahan serat <i>polypropylene</i> sebesar 0,7 kg/m <sup>3</sup> menghasilkan nilai tertinggi pada kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur dengan peningkatan sebesar 57,08%, peningkatan kuat tarik 31,63%,	Didapatkan hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa penggunaan serbuk kayu terhadap kuat tekan pada variasi 2% 25,572 MPa umur 28 hari dan uji kuat lentur menunjukkan pada variasi normal (0%) sebesar 3,73	Didapatkan peningkatan pada penambahan serbuk kayu sebesar 2,5% dan zat aditif <i>bestmittel</i> sebesar 0,5% adalah persentase penambahan yang optimal pada penelitian ini, karena pada persentase ini	-



Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Muhammad Ikhsan Saifuddin (2013)	Argo Irlando (2019)	Muhammad Ichwan Maulana (2023)	Fahrur Ihza Insani (2023)	Muhammad Risal, Jasman, dan Hamka (2022)	M. Sazili Harnawansyah (2023)	Penulis (2023)
	sebesar 127,78 kg/cm <sup>2</sup>	penelitian ini mengalami penurunan dari kuat tarik tanpa serbuk gergaji. Pada pengujian penyerapan dan porositas nilainya semakin meningkat	variasi penambahan serbuk kayu kamper 0,5%	peningkatan kuat lentur 17,91% dan peningkatan modulus elastisitas sebesar 27,63% terhadap beton normal tanpa penambahan	MPa, variasi 2% serbuk kayu sebesar 5,46 MPa, variasi 3% serbuk kayu sebesar 6,00 MPa, dan variasi 4% serbuk kayu sebesar 6,93 MPa	kuat tekan beton yang dihasilkan meningkat sebesar 3,609% dengan nilai kuat tekan 27,067 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada beton normal yaitu sebesar 26,124 MPa	

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Material Beton**

Beton merupakan merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan pembangunan seperti pada bendungan, pipa saluran, pondasi, *basement*, gedung bertingkat, jembatan ataupun perkerasan jalan. Beton sendiri tersusun dari beberapa campuran material seperti agregat halus, agregat kasar dengan bahan perekat semen dan air yang digunakan dalam bahan pembantu reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan berlangsung. Sifat beton itu sendiri dipengaruhi berbagai faktor seperti kualitas bahan yang digunakan, prosedur pengerjaan, dan cara perawatannya (Tjokrodimuljo, 1996).

Menurut SNI 2847 -2019, beton (*concrete*) merupakan campuran dari *cement portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*).

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut ini.

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi, sehingga bila dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan. Untuk itu, struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai pada pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, pelabuhan, bendungan, jembatan, dan sebagainya.

4. Pengerjaan atau *workability* relatif mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih terjangkau.

Beton juga memiliki beberapa kekurangan menurut (Tjokrodimuljo, 2007) adalah sebagai berikut.

1. Bahan dasar penyusun beton yang berupa agregat halus ataupun agregat kasar memiliki berbagai macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam.
2. Beton mempunyai beberapa jenis kekuatan sehingga perlu direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam juga.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh, dan mudah retak. Oleh karena itu, perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, baja, dan sebagainya agar memiliki nilai kuat tarik yang tinggi.

Beton digolongkan dalam berdasarkan berat volume, di antaranya beton ringan, beton normal, dan beton berat. Dalam ketiga macam tersebut, beton normal merupakan beton yang paling umum diaplikasikan karena mampu digunakan pada bagian struktur utama bangunan adalah sebagai berikut.

1. Beton ringan

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, beton ringan mengandung agregat ringan yang menyebabkan berat volume kurang dari  $1900 \text{ kg/m}^3$ .

2. Beton normal

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, beton normal merupakan beton yang menggunakan agregat alam, dengan berat volume dalam rentang  $2200 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

3. Beton berat

Beton berat merupakan beton yang memiliki berat volume lebih dari  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

## 3.2 Bahan Penyusun Beton

Dalam SNI 2847:2019, agregat adalah material yang memiliki butiran seperti slag tanur (sebagai pengganti semen), batu pecah, kerikil, dan pasir, yang digunakan dengan media perekat pada campuran beton. Beton merupakan suatu material komposit yang tersusun dari beberapa komponen antara lain agregat halus, agregat kasar, semen *portland*, dan air. Beton dapat dicampur dengan berbagai bahan tambahan untuk memenuhi kebutuhan setiap struktur. Berikut adalah bahan atau material penyusun beton.

### 3.2.1 Agregat

Agregat merupakan material alami yang berperan sebagai material pengisi pada campuran beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton sangat penting karena dapat mengisi volume sebesar  $\pm 70\%$  dan memberikan kekuatan pada beton. Oleh karena itu, kualitas agregat yang digunakan akan memengaruhi mutu beton yang dihasilkan. Campuran beton agregat terbagi atas agregat halus dan agregat kasar. Adapun penjabaran mengenai agregat kasar dan agregat halus sebagai berikut.

#### 1. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) merupakan agregat ukuran butirannya berkisar antara 0,075 mm sampai dengan 4,75 mm atau lolos saringan no. 4 dan tertahan pada saringan no. 200. Pada SNI 03 – 2834 – 2002 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Dalam SNI 03 – 6821 – 2002, persyaratan umum agregat halus pada campuran beton adalah sebagai berikut.

- a. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras, tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur dengan kadar air lebih dari 5% terhadap jumlah berat agregat kering. Jika kondisi tersebut terjadi, maka agregat halus harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.
- c. Agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dalam larutan jenuh garam. Jika

dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% dari berat agregat halus itu sendiri.

## 2. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang memiliki ukuran lebih dari 5 mm – 40 mm yang diperoleh oleh industri pemecah batu hasil berupa kerikil adalah hasil disintegrasi alami. Adapun persyaratan agregat kasar untuk campuran beton adalah sebagai berikut. Menurut SNI 03 – 2834 – 2000, agregat kasar adalah agregat yang digunakan dalam pembuatan campuran beton dan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

- a. Kerikil atau batu pecah harus terjadi dan butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca terik matahari atau hujan). Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melebihi 1%, maka agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Agregat kasar yang digunakan tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan kimia yang reaktif terhadap alkali.
- d. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar dapat diperiksa dengan mesin Los Angeles dengan kondisi tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
- e. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang beraneka ragam ukurannya adalah sebagai berikut.
  - 1) Sisa di atas ayakan 31,5 mm, harus 0% berat agregat.
  - 2) Sisa di atas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% - 98% berat agregat.
  - 3) Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat agregat.
- f. Ukuran maksimal butir agregat kasar tidak boleh melampaui ketentuan sebagai berikut.
  - 1)  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antara sisi cetakan.
  - 2)  $\frac{1}{3}$  ketebalan *slab*.

- 3)  $\frac{3}{4}$  jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

### 3.2.2 Semen *Portland*

Semen merupakan salah satu bahan pembuat beton yang berfungsi sebagai pengikat partikel dan sebagai pengisi ruang antar partikel agregat. Kadar yang digunakan dalam pembuatan beton mengandung semen sekitar  $\pm 10\%$  pada volume beton. Semen dapat dibedakan menjadi dua yaitu semen hidrolis dan semen non – hidrolis. Semen non – hidrolis merupakan semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, sedangkan semen hidrolis adalah semen yang dapat bereaksi dengan air dan mengeras di dalam air.

Semen *Portland* atau *Portland Cement* (PC) merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (ASTM C-150, 1985). Semen *portland* merupakan bahan pengikat yang berperan penting dalam pembuatan beton dalam sebuah konstruksi bangunan. Menurut SNI 2049 – 2004, semen *Portland* dibagi menjadi lima kategori berdasarkan jenis dan penggunaannya sebagai berikut.

1. Semen *Portland* tipe I

Adalah semen *portland* yang pada penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lainnya.

2. Semen *Portland* tipe II

Adalah semen *portland* yang pada penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

3. Semen *Portland* tipe III

Adalah semen *portland* yang pada penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikat terjadi.

4. Semen *Portland* tipe IV

Adalah semen *portland* yang pada penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

#### 5. Semen *Portland* tipe V

Adalah semen *portland* yang pada penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

#### 3.2.3 Air

Air merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam proses pencampuran beton. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen agar dapat menjadi bahan pengikat antara agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dan campuran beton lainnya. Air berpengaruh dalam kuat tekan beton karena apabila terjadi kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu jika beton kelebihan air maka beton akan mengalami *bleeding*, ialah air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Air yang dibutuhkan dalam suatu campuran beton dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain sebagai berikut.

##### 1. Ukuran agregat maksimum

Semakin besar ukuran butir agregat, maka kebutuhan air semakin rendah. Hal ini dikarenakan luas permukaan agregat yang harus diselimuti air menjadi lebih kecil.

##### 2. Bentuk butir agregat

Agregat yang berbentuk bulat memerlukan lebih sedikit air dibandingkan agregat batu pecah.

##### 3. Gradasi agregat

Agregat yang memiliki gradasi baik akan menurunkan jumlah air yang dibutuhkan dalam campuran beton untuk kelecakan yang sama. Gradasi agregat yang baik adalah agregat yang ukuran butirannya beragam dan tersusun sepadat mungkin dengan rongga udara mendekati nol.

##### 4. Kotoran dalam agregat

Agregat yang banyak mengandung lanau, tanah liat, dan lumpur akan meningkatkan kebutuhan air dalam campuran beton.

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 mengenai syarat air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton dapat dilihat pada halaman selanjutnya.

1. Air harus bersih dan bebas oleh bahan-bahan yang dapat merusak contohnya oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang bisa mengakibatkan kerugian pada beton atau tulangan.
2. Air tidak boleh mengandung ion klorida dalam kadar yang membahayakan pada pencampur yang digunakan pada beton prategang maupun yang menggunakan logam aluminium untuk pencampuran di dalamnya.
3. Umumnya air yang tidak boleh diminum juga tidak boleh digunakan untuk pembuatan beton. Terdapat pengecualian untuk pemilihan jumlah campuran beton yang harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama. Hasil pengujian beton ketika berumur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan beda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

#### 3.2.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah merupakan bahan lain yang dapat dicampurkan ke dalam beton selain air, agregat, dan semen. *Admixture* merupakan material yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada waktu pencampuran beton berlangsung. Penambahan *admixture* (tambahan) bertujuan untuk memodifikasi beton dengan sifat atau karakteristik tertentu. *Admixture* (bahan tambahan) digunakan dalam bahan campuran beton didapatkan sifat-sifat khusus dari beton yaitu kemudahan pengerjaan, waktu pengikatan, pengerasan, kekedapan, dan keawetan. Bahan tambah atau *admixture* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan kimia dan bahan tambah mineral.

##### 1. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Menurut SNI 2495 – 1991, bahan tambah kimia dikumpulkan sebagai berikut.

###### a. Tipe A (*Water – Reducing Admixtures*)

*Water-Reducing Admixtures* merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi kadar air yang digunakan dalam campuran beton, sehingga memungkinkan untuk menghasilkan beton dengan fas (faktor air semen) lebih rendah, namun dengan kemudahan pengerjaan yang sama dengan beton tanpa bahan tambah.



b. Tipe B (*Retarding Admixtures*)

*Retarding Admixtures* merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk memperlambat waktu pengerasan (*setting time*) beton.

c. Tipe C (*Accelerating Admixtures*)

*Accelerating Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi sebagai akselerator, yaitu mempercepat waktu pengerasan (*setting time*) beton dan meningkatkan kekuatan awal beton.

d. Tipe D (*Water Reducing and Retarding Admixtures*)

*Water Reducing and Retarding Admixtures* merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air dalam campuran beton dan memperlambat waktu pengerasan (*setting time*) beton.

e. Tipe E (*Water Reducing and Accelerating Admixtures*)

*Water Reducing and Accelerating Admixtures* merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air dalam campuran beton dan mempercepat waktu pengerasan (*setting time*) beton.

f. Tipe F (*Water Reducing, High Range Admixtures*)

*Water Reducing, High Range Admixtures* adalah suatu bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air dalam campuran sebesar 12% atau lebih dengan tujuan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi yang ditetapkan.

g. Tipe G (*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*)

*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang dapat mengurangi jumlah air dalam campuran sebesar 12% atau lebih untuk menghasilkan beton dengan konsistensi yang ditetapkan sekaligus memperlambat waktu pengerasan (*setting time*) beton.

2. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Bahan tambah mineral adalah bahan tambah yang ditujukan untuk memperbaiki kinerja beton dan mencapai tujuan tertentu. Saat ini, bahan tambah mineral lebih umum digunakan untuk memperbaiki nilai kuat tekan beton. Bahan tambah mineral seperti pozolan, abu terbang (*fly ash*), terak besi tanur tinggi, silika fume (*fume silica*), dan lain-lain.

### 3.3 *Superplasticizer*

*Superplasticizer* merupakan bahan tambah yang dapat ditambahkan pada campuran beton. *Superplasticizer* digunakan untuk meningkatkan nilai *slump* dalam memudahkan *workability*. Berdasarkan ASTM C 494 bahan *superplasticizer* adalah bahan tambahan pada beton berupa zat kimia untuk meningkatkan efektivitas kualitas beton. *Superplasticizer* juga dapat meningkatkan mutu beton dengan mengurangi pemakaian air sehingga faktor air semen menjadi lebih rendah dengan *slump* meningkat. Faktor air semen yang merupakan faktor utama penentu mutu beton. Pemakaian *Viscocrete 3115N* dapat mengurangi faktor air semen sekecil mungkin, hingga air yang diperlukan hanya untuk reaksi hidrasi semen saja. Menurut Handi Pajitno, Sika *Viscocrete* adalah bahan tambah yang dimasukkan ke dalam adukan beton segar yang berfungsi mengurangi pemakaian air, meningkatkan kelecakan, meningkatkan mutu beton, dan memudahkan beton segar mengalir dan memadat sendiri tanpa menggetarkan vibrator. Dengan rendahnya nilai *fas* dapat meningkatkan kuat tekan beton.



**Gambar 3.1 Tampilan Kemasan Sika Viscocrete 3115 N**

### 3.4 Serbuk Kayu

Pada setiap pabrik pengolahan kayu sering kita jumpai serbuk sisa penggergajian yang merupakan limbah dari hasil pemotongan. Menurut Danusaputro (1978), jika limbah dibuang terus menerus tanpa adanya pengolahan yang maksimum dapat menimbulkan gangguan keseimbangan dengan demikian menyebabkan lingkungan tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan, dan keselamatan hayati. Pemotongan kayu untuk bekisting biasanya mengakibatkan bagian bekisting atau bahkan bagian sambungan beton menjadi

kotor oleh serbuk gergajian. Serbuk kayu sendiri memiliki sifat yang getas (*brittle*) dan praktis, tidak mampu menahan tegangan tarik karena tegangan tarik relatif kecil, bahan tersebut punya keterbatasan dalam penggunaannya. Kayu merupakan salah satu material dengan kadar selulosa tinggi yaitu 72%. Selain selulosa serbuk kayu juga mengandung kadar hemiselulosa, secara umum biomassa juga mengandung lignin dalam jumlah sekitar 15 – 30 % berta kering bahan (Susanto, 1998). Usaha untuk melakukan peningkatan mutu dan kekuatan beton diantaranya dengan menambahkan zat aditif atau dengan menambahkan serat ke dalam campuran beton. Pada serbuk kayu terdapat kadar selulosa dan hemiselulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen dan pasir pembentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat difusi air dalam material akibat sifat hidrofobnya.



**Gambar 3.2 Tampilan Serbuk Penggergajian Kayu**

### **3.5 Perencanaan Campuran**

Perencanaan campuran memiliki tujuan untuk mengetahui perbandingan optimal serta mengetahui proporsi material yang membentuk beton sehingga memenuhi persyaratan dalam pembuatan beton itu sendiri. Perencanaan campuran beton (*mix design*) sesuai dengan metode SNI 03 – 2834 – 2000. Adapun tahapan perencanaan campuran sebagai berikut.

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan  
Menentukan kuat tekan rencana ( $f'c$ ). Kuat tekan yang direncanakan pada umur dan wujud tertentu yang dipergunakan dalam perencanaan struktur.

2. Menghitung deviasi standar (sd)

Nilai deviasi standar didasarkan pada pengendalian tingkat mutu, pengendalian pelaksanaan pekerjaan, dan volume pencampuran beton yang akan dibuat.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.1)$$

Dengan:

s = deviasi standar

$x_i$  = kuat tekan beton dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$  = kuat tekan beton rata-rata menurut rumus di bawah

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.2)$$

Dengan:

n merupakan jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji merupakan nilai uji rata-rata terhadap 2 buah benda uji) dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung deviasi standar harus memenuhi sebagai berikut.

- a. Bahan prosedur pengawasan mutu dan kondisi produksi serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- b. Kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'_c$  yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai  $f_{cr}$  yang ditetapkan.
- c. Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berderet hasil uji digunakan dalam produksi dengan jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- d. Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil yang memenuhi persyaratan di atas tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.1 sebagai berikut.

**Tabel 3.1 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar**

<b>Jumlah Pengujian</b>	<b>Faktor Pengali Deviasi Standar</b>
Kurang dari 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥30	1,00

Sumber: SNI 03 – 2834 – 2000

e. Jika tidak data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan di atas, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f'_{cr}$  harus diambil tidak boleh kurang dari  $(f'_c + 12 \text{ MPa})$ .

3. Menghitung nilai tambah

Nilai tambah dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$M = 1,64 \times Sr \quad (3.3)$$

Keterangan:

M = Nilai tambah

1,64 = Tetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

Sr = Deviasi standar

4. Menghitung target kuat tekan beton rata-rata dengan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.4)$$

Keterangan:

$f'_{cr}$  = Kuat Tekan beton rereta yang ditargetkan (MPa)

$f'_c$  = Kuat tekan beton rencana (MPa)

M = Nilai Tambah

5. Menetapkan jenis semen

6. Jenis agregat yang digunakan meliputi;
  - a. Agregat halus
  - b. Agregat kasar (kerikil) berupa batu pecah, terdiri dari breksi batu apung
7. Menentukan faktor air semen

Faktor air semen ditentukan melalui tahap-tahap berikut.

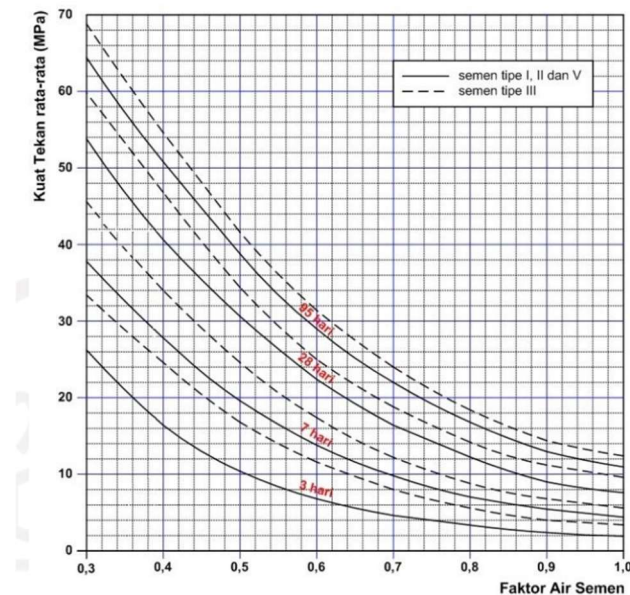
- a. Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari berdasarkan jenis semen dan agregat yang digunakan menggunakan Tabel 3.3 sebagai berikut.

**Tabel 3.2 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Jenis Semen dan Agregat Kasar yang Digunakan**

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen <i>Portland</i> Tipe I	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber: SNI 03 – 2834 – 2000

- b. Menentukan kurva lengkung baru berdasarkan hubungan antara nilai kuat tekan yang diperoleh pada poin 7a di atas dengan faktor air semen sebesar 0,5 pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



**Gambar 3.3 Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)**  
**(benda uji berbentuk Silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)**  
 (Sumber: SNI 2834, 2000)

- c. Menentukan faktor air semen yang dibutuhkan dengan menghubungkan kuat tekan beton rencana yang diperoleh pada poin 4 dengan kurva lengkung baru pada poin 7b.
8. Menetapkan faktor air semen maksimum, kemudian ambil nilai faktor air semen terkecil antara titik perhitungan poin 7 dan 8.
9. Menentukan nilai *slump*.
10. Menetapkan ukuran maksimum agregat yang ditentukan dari hasil pengujian *properties* agregat.
11. Menentukan nilai kadar air bebas menggunakan Tabel 3.4 dan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$w = \frac{2}{3} W_h + \frac{2}{3} W_k \quad (3.5)$$

Dengan definisi sebagai berikut.

$w$  = Kadar air bebas ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_h$  = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_k$  = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar ( $\text{kg/m}^3$ )

**Tabel 3.3 Perkiraan Kadar Air Bebas ( $\text{kg/m}^3$ ) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton**

<i>Slump</i> (mm)		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
<b>Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum</b>	<b>Jenis Agregat</b>				
10	Batu tak pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03 – 2834 – 2000

12. Menghitung jumlah semen yang dibutuhkan dengan menggunakan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$c = \frac{w}{fas} \quad (3.6)$$

Dengan penjelasan sebagai berikut.

C = Jumlah semen ( $\text{kg/m}^3$ )

w = Kadar air bebas ( $\text{kg/m}^3$ )

fas = Faktor air semen

13. Menentukan jumlah minimum semen berdasarkan lokasi beton rencana sesuai pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

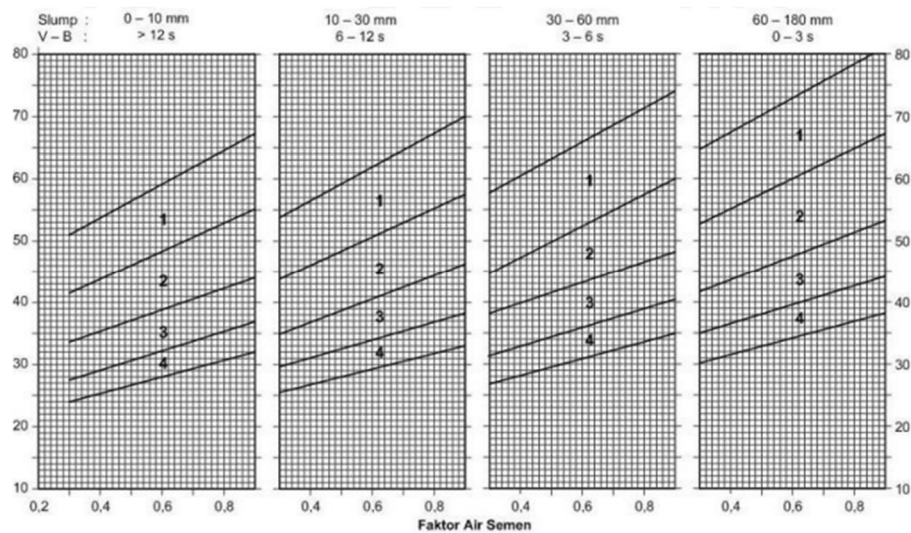


**Tabel 3.4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus**

<b>Lokasi</b>	<b>Jumlah Semen Minimum per m<sup>3</sup> beton (kg)</b>	<b>Nilai Faktor Air Semen Maksimum</b>
Beton didalam 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 ruang 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 kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan silih berganti	325	0,55
b. Menerima pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhungan:		
a. Air tawar		Lihat Tabel 6
b. Air laut		

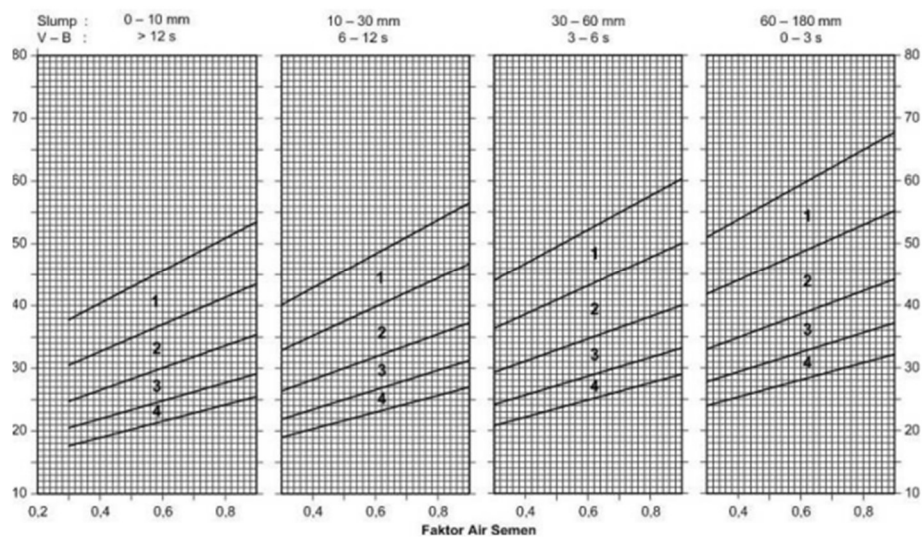
14. Menentukan jumlah semen yang akan digunakan, yaitu dengan mengambil jumlah semen terbesar dari hasil perhitungan, jumlah semen maksimum (jika ditentukan) dan jumlah semen minimum.
15. Menghitung faktor air semen yang disesuaikan jika terjadi perubahan jumlah semen dari hasil perhitungan pada persamaan di poin 12 menjadi jumlah semen maksimum atau jumlah semen minimum.
16. Menentukan butir agregat halus yang ditentukan dari hasil pengujian analisis saringan agregat halus.

17. Menentukan susunan agregat kasar yang ditentukan dari pengujian analisis saringan agregat kasar.
18. Menentukan persentase agregat halus menggunakan grafik yang tercantum pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6. Diketahui ukuran butir maksimum agregat kasar, nilai *slump* rencana dan gradasi agregat halus.



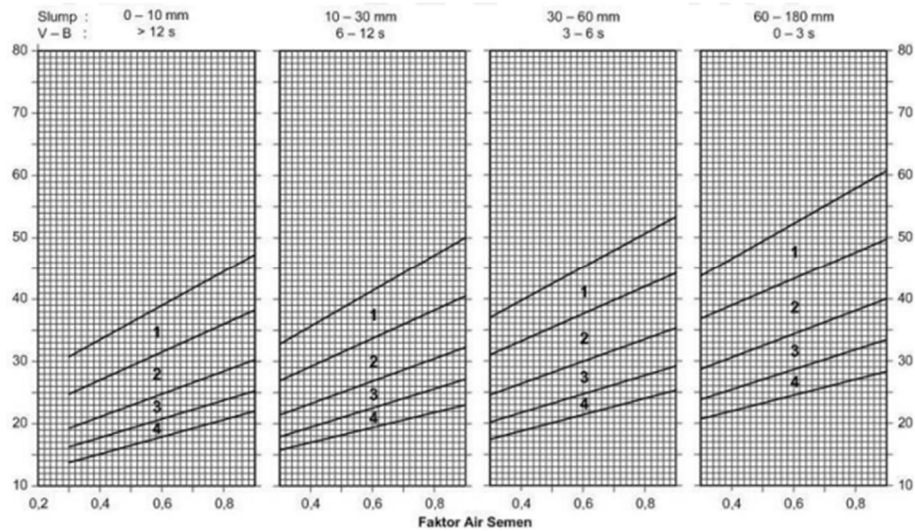
**Gambar 3.4 Grafik Persen Agregat Halus terhadap Kadar Total yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm**

(Sumber: SNI 2834 – 2000)



**Gambar 3.5 Grafik Persen Agregat Halus terhadap Kadar Total yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm**

(Sumber: SNI 2834 – 2000)



**Gambar 3.6 Grafik Persen Agregat Halus terhadap Kadar Total yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm**  
(Sumber: SNI 2834 – 2000)

19. Menghitung berat jenis relatif agregat

Dengan menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut

$$BJ_{gab} = \% Ag. Halus \times BJ_{Ag. Halus} + \% Ag. Kasar \times BJ_{Ag. kasar} \quad (3.7)$$

Dengan penjelasan sebagai berikut.

$BJ_{gab}$  = Berat jenis relatif/gabungan agregat

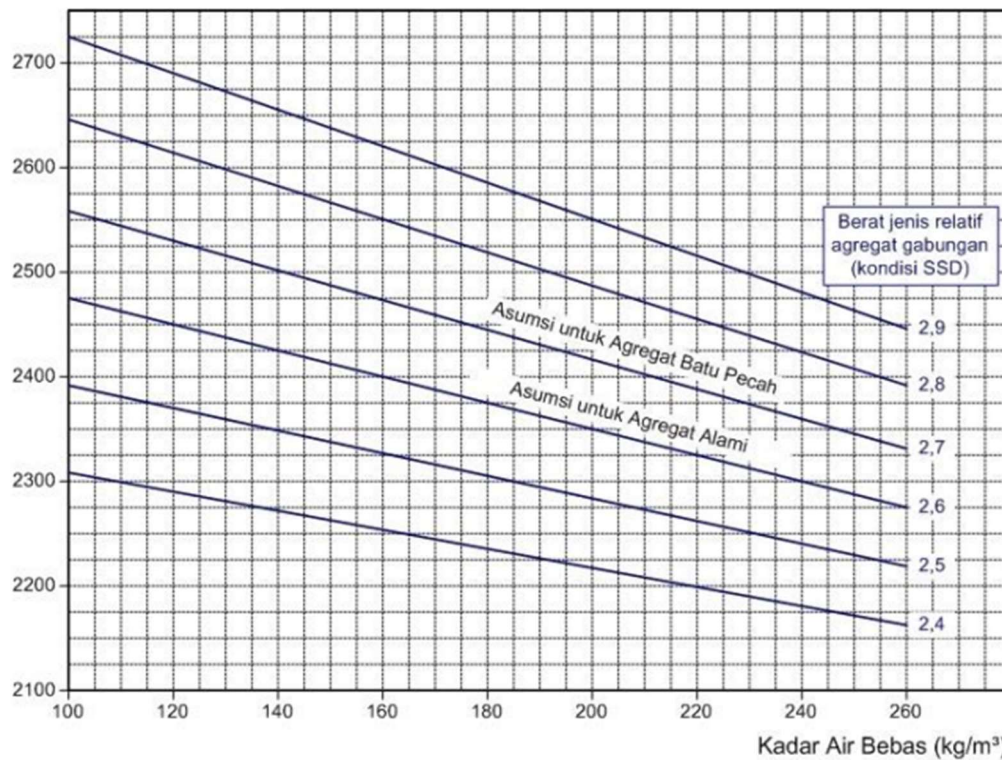
$\% Ag. Halus$  = Persentase agregat halus (%)

$\% Ag. Kasar$  = Persentase agregat kasar (%)

$BJ_{Ag. Halus}$  = Berat jenis agregat halus

$BJ_{Ag. Kasar}$  = Berat jenis agregat kasar

20. Menentukan berat isi atau berat volume berdasarkan grafik pada gambar sesuai dengan kadar air bebas dan berat jenis relatif dari agregat gabungan dengan menggunakan Gambar 3.7 pada halaman selanjutnya.



**Gambar 3.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Didapatkan**

(Sumber: SNI 2834 – 2000)

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas. Dengan Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$W_{ag. gab} = W_{beton} - W_{semen} - w \quad (3.8)$$

Dengan pengertian sebagai berikut:

$$W_{ag. gab} = \text{Kadar agregat gabungan (kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{beton} = \text{Berat isi beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{semen} = \text{Kadar semen (kg/m}^3\text{)}$$

$$w = \text{Kadar air bebas (kg/m}^3\text{)}$$

22. Menghitung kadar agregat halus menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$W_{ag. halus} = \%Ag. halus \times W_{Ag. gab} \quad (3.9)$$

Dengan pengertian sebagai berikut.

$W_{ag. halus}$  = Kadar agregat halus ( $kg/m^3$ )

%Ag. Halus = Persentase agregat Halus (%)

$W_{Ag. gab}$  = Kadar agregat gabungan ( $kg/m^3$ )

23. Menghitung kadar agregat kasar dengan menggunakan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$W_{ag. kasar} = W_{Ag. gab} - W_{Ag. halus} \quad (3.10)$$

Dengan pengertian sebagai berikut.

$W_{ag. kasar}$  = Kadar agregat kasar ( $kg/m^3$ )

$W_{ag. halus}$  = Kadar agregat halus ( $kg/m^3$ )

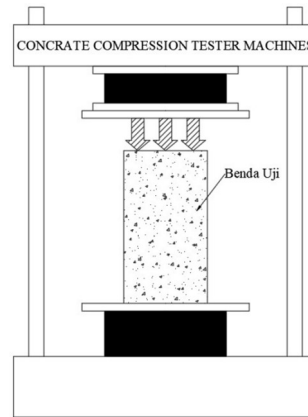
$W_{ag. gab}$  = Kadar agregat gabungan ( $kg/m^3$ )

24. Menentukan proporsi campuran yang ditentukan tiap  $m^3$  beton dengan kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Proporsi campuran uji untuk per  $m^3$  beton ditentukan dengan mengalikan volume total benda uji.
25. Koreksi proporsi campuran diperlukan untuk kondisi agregat yang tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Koreksi dilakukan untuk kandungan air dalam agregat.

### 3.6 Kuat Tekan Beton

Berdasarkan SNI 03–1974 – 2011, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Ada banyak sifat beton yang berbeda, namun kuat tekan beton adalah sifat penting dalam informasi kualitas beton. Kuat tekan beton dapat diketahui dari pengaturan perbandingan agregat baik kasar dan agregat halus, perbandingan semen, air dan juga berbagai jenis campuran lainnya (Dady et al., 2015). Menurut Mulyono dalam Adiguna A (2019), kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur di mana semakin tinggi tingkat

kekuatan struktur yang diinginkan, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.



**Gambar 3.8 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton**

Nilai kuat tekan menurut SNI 03–1974–2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.11 sebagai berikut.

$$\text{Kuat tekan Beton} = \frac{P}{A} \quad (3.11)$$

Keterangan:

$f'_c$  = Kuat tekan beton (MPa atau N/mm<sup>2</sup>)

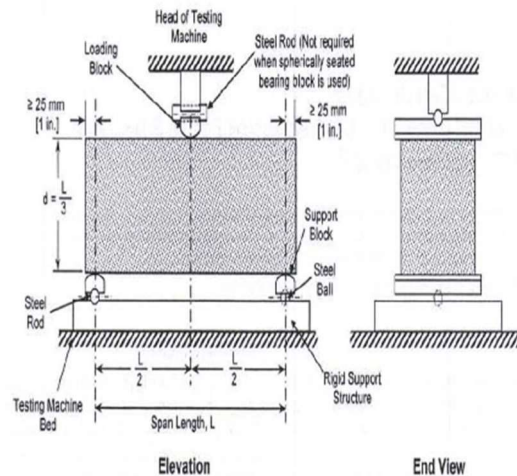
$P$  = Beban maksimum (N)

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

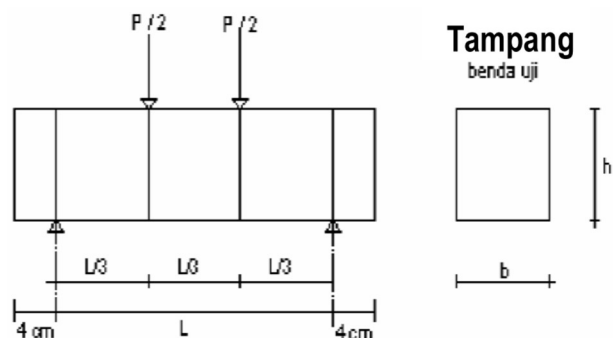
### 3.7 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah sebuah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua posisi untuk menahan gaya benda uji dengan arah gerak tegak lurus sumbu hingga benda uji putus, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03 – 4431 – 1997). Momen lentur ini menunjukkan perlawanan yang dilakukan oleh material terhadap beban luar dan juga menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada saat deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur dari bahan beton (Dady et al., 2015). Penggunaan metode sebagai acuan melakukan pengujian

di laboratorium. Tujuan dari pengujian adalah untuk memperoleh nilai kuat lentur beton normal dalam keperluan perencanaan dan pelaksanaan pembuatan beton.



**Gambar 3.9 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Beton**  
(Sumber: SNI 4154 – 2014)



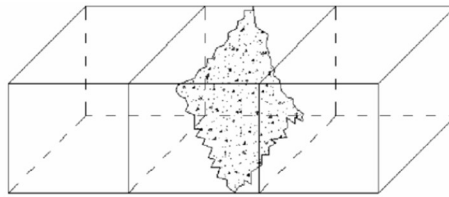
**Gambar 3.10 Permodelan Uji Kuat Lentur Beton**  
(Sumber: SNI 4431 – 2011)

Dalam pengujian kuat lentur terdapat dua metode titik pembebanan, yaitu metode pembebanan dengan dua titik dengan acuan SNI 03 – 4431 – 2011 dan metode pembebanan satu titik dengan acuan SNI 03 – 4154 – 2014. Serta digunakan acuan dalam uji kuat lentur pembebanan satu titik dengan SNI 03 – 4154 – 1996 Pengujian sebagai acuan dalam melakukan pengujian kuat lentur di laboratorium. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh nilai kuat lentur beton normal dalam keperluan perencanaan dan pelaksanaan pembuatan beton.

1. Sistem Pembebanan Dua titik

- a. Apabila setelah dilakukan pengujian patahnya benda uji terletak pada daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik beton, maka dihitung dengan rumus:

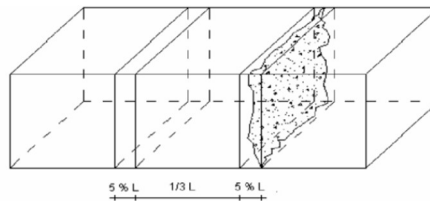
$$f_{lt} = \frac{PL}{b \cdot h^2} \quad (3.12)$$



**Gambar 3.11 Patah Berada di Daerah Pusat pada 1/3 Jarak Titik**

- b. Apabila setelah dilakukan pengujian benda uji, patahnya diluar pusat (diluar 1/3 jarak antar titik perletakan) pada bagian tarik beton dan jarak antara titik patah dan titik pusat (beban) kurang dari 5% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan rumus:

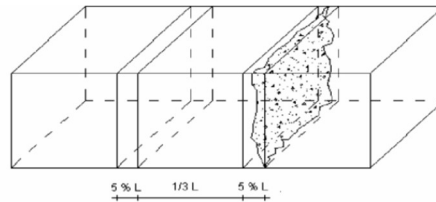
$$f_{lt} = \frac{3 \cdot Pc}{b \cdot h^2} \quad (3.13)$$



**Gambar 3.12 Patah Berada Di Luar Pusat pada 1/3 Jarak Titik**

- c. Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dengan jarak antara titik pembebanan dan titik patah dari 5% bentang, hasil pengujian tidak boleh digunakan.





**Gambar 3.13 Patah Berada Di Luar 1/3 Bentang Tengah dan Garis Patah pada >5% dari Bentang**

2. Sistem Pembebanan Satu Titik

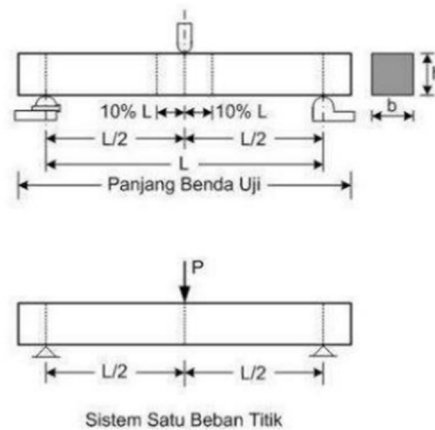
- a. Apabila setelah dilakukan pengujian kuat lentur, patahnya benda uji terletak tepat di bawah beban (di tengah-tengah benda uji), maka dihitung dengan persamaan:

$$f_{lt} = \frac{3 \cdot PL}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (3.14)$$

- b. Apabila akibat pengujian benda uji patah tidak tepat di bawah beban di bagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik beban kurang dari 10% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan persamaan:

$$f_{lt} = \frac{3 \cdot Pc}{b \cdot h^2} \quad (3.15)$$

- c. Untuk benda uji akibat pengujian patah tidak tepat di bawah beban pada bagian tarik beton dan jarak antara titik patah dan titik beban lebih dari 10% bentang, maka hasil pengujian tidak dipergunakan.



**Gambar 3.14 Pembebanan Uji Kuat Lentur Satu titik**

Keterangan:

$f_{lt}$  : Kuat Lentur Benda Uji

$P$  : Beban Maksimum

$L$  : Jarak (bentang) antara dua perletakan

$b$  : Lebar Tampang lintang patah

$h$  : Tinggi tampang lintang patah

$c$  : Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan terdekat, diukur

### 3.8 Absorpsi Beton

Absorpsi atau penyerapan air pada beton adalah peristiwa masuknya air ke dalam beton melalui pori-pori kapiler yang terdapat pada permukaan beton. Nilai absorpsi pada beton dipengaruhi oleh rongga atau pori yang ada pada beton. Semakin banyak rongga yang dimiliki beton maka semakin tinggi pula nilai absorpsi beton, sehingga ketahanan beton terhadap air akan semakin menurun. Berdasarkan 6433-2016, nilai absorpsi beton dapat dihitung dengan Persamaan 3.16 sebagai berikut.

$$P_A = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (3.16)$$

Keterangan:

$P_A$  = Absorpsi atau penyerapan air (%)

$B$  = Massa contoh uji kering permukaan di udara setelah perendaman (gram)

$A$  = Massa contoh uji kering oven, di udara (gram)

### 3.9 Umur Beton

Kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya umur beton. Kekuatan beton akan meningkat cepat hingga umur 28 hari. Kenaikkan kekuatan beton akan terus bertambah namun kenaikannya lebih kecil (Mulyono T, 2004).

**Tabel 3.5 Angka Konversi Umur Benda Uji**

Umur Benda Uji	Angka Konversi
3 hari	0,40

**Lanjutan Tabel 3.5 Angka Konversi Umur Benda Uji**

<b>Umur Benda Uji</b>	<b>Angka Konversi</b>
3 hari	0,40
7 hari	0,65
14 hari	0,88
21 hari	0,95
28 hari	1,00

Sumber: PBI (1971)

### 3.10 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi diperoleh dari hasil analisis regresi yang bertujuan untuk mengukur seberapa kuat hubungan antara dua variabel atau lebih. Menurut Sugiyono (2013) pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

**Tabel 3.6 Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi**

<b>Interval Koefisien</b>	<b>Tingkat Hubungan</b>
0,00 - 0,199	Sangat Rendah
0,20 - 0,399	Rendah
0,40 - 0,599	Sedang
0,60 - 0,799	Kuat
0,80 - 1,000	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono (2013)

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Metode penelitian adalah langkah-langkah dalam memperoleh data serta hasil yang rasional dengan maksud serta kebutuhan tertentu. Metode penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dapat dideskripsikan, dibuktikan, dikembangkan dan ditemukan pengetahuan dan teorinya untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah dalam kehidupan manusia (Sugiyono, 2010). Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yang digunakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Menurut Sugiyono (2017) metode penelitian eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan dan memodifikasi kadar bahan tambah serbuk kayu dan *superplasticizer* dalam campuran beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar bahan tambah serbuk kayu dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton dan kuat lentur beton.

#### **4.2 Variabel Penelitian**

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar bahan tambah serbuk kayu dan *superplasticizer*.

2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan beton dan kuat lentur beton.

### 3. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah bentuk benda uji, dimensi benda uji dan kuat tekan beton rencana ( $f'c$ ).

### 4.3 Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia untuk melakukan pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar, pengujian semen berbentuk pengujian konsistensi dan waktu ikat, serta pengujian kuat tekan.

### 4.4 Bahan-Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji pada penelitian adalah sebagai berikut.

#### 1. Semen *Portland*

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland* tipe I merek Tiga Roda dengan berat 40 kg.

#### 2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat halus yang berasal dari Sungai Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan melakukan pengujian analisis saringan terlebih dahulu untuk menentukan gradasi agregat.

#### 3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo, DIY. Agregat kasar yang digunakan berukuran maksimal 20 mm.

#### 4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Air yang digunakan jernih dan tidak mengandung benda-benda lain yang dapat dilihat secara visual.

#### 5. Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini ialah serbuk kayu dan bahan tambah *superplasticizer*.

#### 4.5 Alat-Alat yang Digunakan

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Set Saringan Agregat  
Set saringan agregat digunakan untuk memisahkan agregat sesuai dengan ukuran butirnya, alat ini digunakan pada pengujian analisis saringan agregat halus dan agregat kasar.
2. Timbangan  
Timbangan merupakan alat yang digunakan untuk menimbang berat material yang digunakan dalam campuran beton sesuai dengan hasil *mix design* yang dihitung dan menimbang benda uji. Timbangan ini tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Neraca *Ohaus*  
Neraca *ohauss* digunakan untuk menimbang berat material yang akan digunakan dengan ketelitian yang lebih baik dari pada timbangan biasa.
4. Piknometer  
Piknometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur nilai massa jenis.
5. Oven  
Oven digunakan untuk mengeringkan agregat halus dan agregat kasar. Oven digunakan pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat. Selain itu, Oven digunakan untuk mengeringkan beton keras dalam pengujian absorpsi beton.
6. *Concrete Mixer*  
*Concrete mixer* digunakan untuk mencampur bahan-bahan penyusun beton, yaitu semen, agregat, air dan bahan tambah dengan kadar masing masing sesuai dengan hasil *mix design*.
7. Sekop  
Sekop adalah alat yang digunakan dalam menuang beton segar ke dalam bekisting.

8. Cetakan Benda Uji  
Cetakan benda uji merupakan sebuah alat yang digunakan untuk wadah membentuk beton sesuai dimensi yang direncanakan.
9. Tongkat Penumbuk  
Tongkat penumbuk digunakan untuk membantu perataan campuran beton pada cetakan pada cetakan atau uji *slump*.
10. Kerucut Abrams  
Penggunaan kerucut abrams dilakukan saat beton segar dikeluarkan dari *mixer* yang berfungsi menguji dan mengukur nilai *slump*. Injakan kaki dan pegangan pada bagian Kerucut Abrams harus disertakan.
11. Meteran/mistar  
Mistar/meteran alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian jatuh dari pengujian *slump test*.
12. Ember  
Ember digunakan sebagai tempat atau wadah material berfungsi untuk mengangkat material yang digunakan untuk campuran beton.
13. Gerobak dorong  
Gerobak dorong digunakan untuk memindahkan dan mengangkat material pada saat penelitian.
14. *Compression Testing Machine* (CTM)  
*Compression Testing Machine* (CTM) merupakan alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastis. Dalam pelaksanaan pengujian kuat tekan beton. Alat ini difungsikan untuk mengetahui nilai beban yang diterima benda uji sampai benda uji hancur (beban maksimum).
15. Mesin Uji Kuat Lentur UTM (*Universal Testing Machine*)  
Mesin uji kuat lentur UTM (*Universal Testing Machine*) digunakan untuk mengetahui kekuatan beton pada saat pengujian kuat lentur.

#### **4.6 Benda Uji**

Dalam penelitian ini digunakan benda uji berupa beton dengan penambahan serbuk kayu dan digunakan bahan tambah *superplasticizer*. Penambahan serbuk

kayu dengan variasi kadar bahan tambah yang digunakan adalah 1%, 1,5%, 2%, 2,5% serta untuk penambahan *superplasticizer* adalah sebesar 0,6% dari berat semen. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton serta benda uji balok dengan dimensi 60 cm x 15 cm x 15 cm untuk pengujian kuat lentur beton. Kemudian untuk uji absorpsi 15 cm x 15 cm x 15 cm. Menurut SNI 2847 – 2019 jumlah sampel silinder untuk uji kuat tekan adalah minimal 5 buah benda uji. Sedangkan untuk pengujian kuat lentur dan uji absorpsi beton, digunakan 5 buah benda uji dan 2 benda uji untuk dapat memperoleh nilai rata-ratanya. Terdapat perincian benda uji digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1 Rincian Benda Uji**

<b>Jenis Pengujian</b>	<b>Kadar Serbuk Kayu</b>	<b>Kadar <i>Superplasticizer</i></b>	<b>Kode Benda Uji</b>	<b>Jumlah Sampel</b>
Kuat Tekan Beton	0%	0%	T-SK 0%	5
	1%		T-SK 1%	5
	1,5%		T-SK 1,5%	5
	2%		T-SK 2%	5
	2,5%		T-SK 2,5%	5
Kuat Tekan Beton	0%	0,6%	T-SK 0%-SP	5
	1%		T-SK 1%-SP	5
	1,5%		T-SK 1,5%-SP	5
	2%		T-SK 2%-SP	5
	2,5%		T-SK 2,5%-SP	5
Kuat Lentur Beton	0%	0%	L-SK 0%	5
	1%		L-SK 1%	5
	1,5%		L-SK 1,5%	5
	2%		L-SK 2%	5
	2,5%		L-SK 2,5%	5



Lanjutan Tabel 4.1 Rincian Benda Uji

Jenis Pengujian	Kadar Serbuk Kayu	Kadar <i>Superplasticizer</i>	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel
Kuat Lentur Beton	0%	0,6%	L-SK 0%-SP	5
	1%		L-SK 1%-SP	5
	1,5%		L-SK 1,5%-SP	5
	2%		L-SK 2%-SP	5
	2,5%		L-SK 2,5%-SP	5
Absorpsi Beton	0%	0%	AB-SK 0%	2
	1%		AB-SK 1%	2
	1,5%		AB-SK 1,5%	2
	2%		AB-SK 2%	2
	2,5%		AB-SK 2,5%	2
Absorpsi Beton	0%	0,6%	AB-SK 0%-SP	2
	1%		AB-SK 1%-SP	2
	1,5%		AB-SK 1,5%-SP	2
	2%		AB-SK 2%-SP	2
	2,5%		AB-SK 2,5%-SP	2
Total Benda Uji				120

\*) SP = *Superplasticizer*

Keterangan:

- T-SK 0% = Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 0%
- T-SK 1% = Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1%
- T-SK 1,5% = Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1,5%
- T-SK 2% = Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2%
- T-SK 2,5% = Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2,5%
- T-SK 0%-SP = Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 0% dan *superplasticizer* 0,6%

T-SK 1%-SP	= Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
T-SK 1,5%-SP	= Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1,5% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
T-SK 2%-SP	= Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
T-SK 2,5%-SP	= Uji kuat tekan, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2,5% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
L-SK 0%	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 0%
L-SK 1%	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1%
L-SK 1,5%	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1,5%
L-SK 2%	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2%
L-SK 2,5%	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2,5%
L-SK 0%-SP	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 0% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
L-SK 1%-SP	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
L-SK 1,5%-SP	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1,5% <i>superplasticizer</i> 0,6%
L-SK 2%-SP	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
L-SK 2,5%-SP	= Uji kuat lentur, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2,5% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
AB-SK 0%	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 0%
AB-SK 1%	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1%
AB-SK 1,5%	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1,5%

AB-SK 2%	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2%
AB-SK 2,5%	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2,5%
AB-SK 0%-SP	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 0% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
AB-SK 1%-SP	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
AB-SK 1,5%-SP	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 1,5% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
AB-SK 2%-SP	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%
AB-SK 2,5%-SP	= Uji absorpsi beton, kadar serbuk kayu dengan kadar variasi 2,5% dan <i>superplasticizer</i> 0,6%

#### 4.7 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap pengujian agregat, tahap perencanaan campuran, tahap pembuatan benda uji, tahap perawatan benda uji, tahap pengujian benda uji, tahap olah data, tahap analisis data, tahap pembahasan, dan tahap kesimpulan.

##### 4.7.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian adalah tahapan di mana dilakukan meliputi studi literatur, penyiapan bahan, dan penyiapan alat yang akan digunakan selama penelitian. Adapun persiapan yang dilakukan sebagai berikut.

##### 1. Penyiapan Material dan Alat

Penyiapan material yang digunakan seperti agregat, semen, air, dan bahan tambah yang digunakan. Setelah menyiapkan bahan-bahan, kemudian siapkan pula alat-alat pendukung selama penelitian dilakukan ialah alat digunakan dalam membuat sampel benda uji.

## 2. Pembersihan Material dan Alat

Pembersihan material dikerjakan pada material yang padat, yaitu agregat. Maksud dari pembersihan material itu sendiri agar menghasilkan material yang memenuhi syarat untuk campuran beton. Selain itu alat yang digunakan juga harus dibersihkan sehingga tidak terdapat kotoran yang menempel pada alat. Jika ada kotoran maka akan memengaruhi kualitas dalam pembuatan serta pengujian yang dilakukan pada penelitian ini.

### 4.7.2 Pengujian Agregat

Pengujian agregat meliputi pengujian agregat halus dan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang akan digunakan pada campuran beton. Sifat dan karakteristik agregat yang didapat pada tahap pengujian agregat ini digunakan sebagai acuan dalam perencanaan campuran beton (*mix design*). Adapun macam-macam pengujian agregat adalah sebagai berikut.

#### 1. Agregat Halus

Pengujian agregat halus terdiri dari beberapa pengujian yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisis saringan, dan pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat). Untuk lebih jelasnya proses pengujian adalah sebagai berikut ini.

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dengan menggunakan SNI 1970 – 1990.

Proses atau langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus sebagai berikut:

- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , hingga berat benda uji tetap, yang dimaksud dengan berat konstan adalah keadaan benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1%, selanjutnya dinginkan hingga suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama  $24 \pm 4$  jam.
- 2) Air perendam dibuang dengan hati-hati, agar tidak ada partikel yang hilang, kemudian menebarkan agregat pada nampan, mengeringkan di

udara panas dengan cara membakik-balikan benda uji. Lakukan pengeringan hingga tercapai keadaan kering permukaan jenuh.

- 3) Periksa dalam keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tertetak.
  - 4) Segera setelah tercapai kondisi SSD, masukkan benda uji sebanyak 500 gr ke dalam piknometer, lalu tambahkan air suling hingga mencapai 90% isi piknometer, putar piknometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat menggunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan dan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, selain itu dapat dilakukan dengan merebus piknometer.
  - 5) Rendam piknometer dalam air dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan suhu air standar 25°C.
  - 6) Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
  - 7) Menimbang piknometer yang berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gr (Bt).
  - 8) Mengeluarkan benda uji, dan mengeringkannya dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai berat tetap, kemudian mendinginkan benda uji dalam desikator.
  - 9) Setelah benda uji dingin, kemudian timbang kembali (Bk).
  - 10) Timbang berat piknometer yang penuh dengan air (B), dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar yaitu 25 °C.
- b. Pengujian berat isi padat dengan menggunakan SNI 4804 - 1998.
- Proses atau langkah pengujian berat isi padat pada agregat halus sebagai berikut:
- 1) Gunakan Benda uji keadaan jenuh kering permukaan (SSD).

- 2) Letakkan silinder ukur pada tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, masukkan benda uji per 1/3 bagian dan tiap bagian di tumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh. Sedang untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh 1 (tanpa pemadatan) lalu diratakan.
  - 3) Setelah melakukan timbang berat silinder berisi benda uji dan dicatat beratnya.
  - 4) Hitung volume.
- c. Pengujian analisis saringan agregat halus dengan menggunakan SNI 1968 – 1990.

Proses atau langkah pengujian analisis saringan pada agregat halus sebagai berikut:

- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)$  m °C hingga berat tetap. Untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian yang akurat, sebaiknya dilakukan pengujian minimal 2 kali.
- 2) Keluarkan benda uji dari oven, setelah itu dinginkan benda uji pada suhu ruang selama 1-3 jam.
- 3) Pada poin 1 dan 2 merupakan suatu mekanisme benda uji agar menjadi kering oven. Setelah benda uji kering oven, setelah itu timbang benda uji sebanyak 2000 gram.
- 4) Susun saringan dari lubang yang terbesar ke lubang terkecil sesuai dengan urutan lubang ayakan yang ditetapkan pada rencana penelitian. Masukkan benda uji ke dalam ayakan, kemudian letakkan ayakan pada mesin penguncang.
- 5) Menyalakan mesin penggoyang sekitar 10-15 menit.
- 6) Mengeluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan diletakkan masing-masing pada cawan (jangan sampai ada yang tercecer).
- 7) Timbang dan catat berat benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, menggunakan sikat kawat

untuk saringan yang lubang besar dan kuas untuk lubang yang kecil/halus.

- 8) Setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah dapat dianalisis.

d. Pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat) menggunakan SNI 4142 – 1996.

Proses atau langkah pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat) sebagai berikut:

- 1) Gunakan benda uji pada keadaan kering oven.
- 2) Letakkan benda uji di atas saringan dengan keadaan air mengalir di atasnya.
- 3) Gerakkan benda uji dalam saringan menggunakan aliran air yang cukup banyak, aliri air sehingga bagian yang halus menembus saringan no. 200 dan bagian yang kasar tertinggal di atasnya.
- 4) Ulangi pekerjaan pada poin 3 hingga air pencucian terlihat jernih.
- 5) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Setelah kering, melakukan penimbangan benda uji dengan ketelitian 0,1 gram.

## 2. Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar terdiri dari beberapa pengujian yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisis saringan, dan pengujian berat isi padat. Untuk lebih jelasnya proses pengujian adalah sebagai berikut ini.

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar menggunakan SNI 1969 – 1990.

Proses atau langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus sebagai berikut:

- 1) Cuci sampel uji supaya debu dan bahan lain yang menempel pada permukaan dapat hilang.
- 2) Mengeringkan sampel uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  hingga berat tetap. Perlu diketahui, bila penyerapan dan nilai berat jenis

digunakan pada pekerjaan beton, maka agregat yang digunakan pada kadar air aslinya, maka pengeringan dalam oven tidak diperlukan.

- 3) Membuang air perendam dengan hati-hati, supaya tidak ada butiran yang hilang, kemudian menebarkan agregat di atas talam, mengeringkan di udara panas dengan cara membolak-balikkan benda uji. Melakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
  - 4) Dinginkan benda uji pada suhu ruang selama 1- 3jam, setelah itu timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
  - 5) Rendam benda uji dalam air pada suhu ruang selam  $24 \pm 4$  jam.
  - 6) Mengeluarkan benda uji dari air, setelah itu lap dengan kain penyerap hingga selaput air pada permukaan agregat hilang, untk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu.
  - 7) Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
  - 8) Masukkan sampel uji didalam keranjang, goyangkan batu untuk menghilangkan udara yang terdapat didalamnya dan tentukan berat dalam air (Ba), kemudian ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan kepada suhu standar ( $25^{\circ}\text{C}$ ).
  - 9) Banyak jenis bahan campuran memiliki partikel berat dan partikel ringan, bahan semacam ini memberikan nilai kepadatan yang tidak konstan walaupun pemeriksaaan dilakukan dengan hati-hati, pada hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan mencapai nilai rat-rata yang memuaskan.
  - 10) Setelah didapatkan semua data pengujian, kemudian hasil data pengujian sudah bisa dianalisis.
- b. Pengujian berat isi padat dengan menggunakan SNI 4804 - 1998.
- Proses atau langkah pengujian berat isi padat pada agregat kasar sebagai berikut:
- 1) Gunakan sampel uji pada keadaan jenuh atau kering permukaan (SSD).



- 2) Timbang cetakan silinder yang akan digunakan dalam penelitian cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
  - 3) Letakkan cetakan silinder pada tempat yang datar.
  - 4) Masukkan sampel uji kedalam cetakan silinder. Pada pengujian berat volume padat, masukkan benda uji sebanyak  $\frac{1}{3}$  dari volume isi cetakan silinder dan menumbuk tiap bagian yang telah dimasukkan ke dalam cetakan silinder sebanyak 25 kali, lakukan tahap tersebut hingga volume penuh. Sedangkan pada pengujian berat volume gembur, sampel uji dimasukan pada silinder tanpa proses penumbukan. Kemudian timbang silinder dan sampel uji untuk menentukan beratnya.
  - 5) Setelah melakukan semua proses kemudian hitung volume.
- c. Pengujian analisis saringan agregat kasar dengan menggunakan SNI 1968 – 1990.

Proses atau langkah pengujian analisis saringan pada agregat kasar sebagai berikut:

- 1) Keringkan sampel uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  hingga berat tetap. Untuk meperoleh hasil dengan ketelitian yang akurat, dilakukan pengujian minimal 2 kali.
- 2) Keluarkan sampel uji dari oven, dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam.
- 3) Poin 1 dan 2 merupakan suatu mekanisme dalam membuat sampel uji agar dalam keadaan kering oven. Setelah benda uji kering oven, setelah itu timbang benda uji sebanyak 5000 gram.
- 4) Susun saringan dari lubang yang paling besar ke lubang yang kecil sesuai urutan lubang ayakan yang ditetapkan pada penelitian. Masukkan sampel uji ke dalam ayakan, apabila tidak terdapat saringan dan mesin pengguncang dengan kapasitas besar, maka pengayakan dilakukan dengan manual. Setelah itu, letakkan ayakan pada mesin pengguncang.
- 5) Menggoyangkan mesin ayakan sekitar 10-15 menit.

- 6) Keluarkan sampel uji pada masing-masing saringan dan letakkan di masing-masing cawan (jangan ada yang tercecer).
- 7) Timbang dan catat berat benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan. Untuk pembersihan saringan, menggunakan sikat kawat untuk saringan yang lubang besar serta kuas untuk lubang yang kecil/halus.
- 8) Setelah data pengujian diperoleh, kemudian hasil data pengujian sudah dapat dianalisis.

#### 4.7.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton dilaksanakan berdasarkan hasil dari pengujian agregat. Perencanaan campuran beton pada penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 2834 – 2000. Adapun detail perhitungan dapat dilihat dalam BAB V Pembahasan.

#### 4.7.4 Pembuatan dan Pengujian Benda Uji *Trial* dengan Umur 3 hari

Berdasarkan perencanaan campuran beton, kemudian dilakukan pembuatan dan pengujian benda uji *trial*. Pembuatan dan pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kesesuaian perencanaan campuran beton dan hasilnya. Penelitian dilanjutkan setelah hasil pengujian benda uji *trial* memenuhi mutu rencana sesuai perencanaan campuran beton.

#### 4.7.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Dalam tahap ini komposisi komponen penyusun beton yang diperoleh dari tahap *mix design* dicampur menggunakan alat *concrete mixer*. Selanjutnya beton segar diuji *slump* dan dituangkan ke dalam cetakan. Setelah beton mengeras atau mencapai *setting time*, beton dikeluarkan dari dalam cetakan dan diberi perawatan. Metode perawatan beton yang digunakan adalah perendaman benda uji di dalam air hingga mencapai umur rencana.

#### 4.7.6 Pengujian Benda Uji

Pada tahap ini benda uji yang telah mencapai umur rencana akan diuji kuat tekan dan kuat lentur yang pelaksanaannya dijelaskan sebagai berikut.

### 1. Uji Kuat Tekan Beton

Uji tekan beton tujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan terhadap sampel benda uji silinder dengan cara diberikan beban secara vertikal hingga benda uji mengalami keruntuhan. Digunakan alat *compressive test machine*. Berdasarkan SNI 1974 – 2011, pengujian kuat tekan beton dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Mengangkat sampel uji dari bak perendaman, setelah itu dibiarkan selama kurang lebih 24 jam pada suhu ruang.
- b. Mengukur dimensi benda uji dan menimbang berat benda uji.
- c. Menempatkan benda uji pada landasan tekan bawah dan memastikan penunjuk beban sudah menunjukkan angka nol.
- d. Mengoperasikan mesin uji kuat tekan dengan kecepatan pembebanan 0,15 MPa/detik sampai 0,35 MPa/detik.
- e. Melakukan pembebanan hingga benda uji mengalami keruntuhan dan catat beban maksimum yang diterima benda uji pada form.

### 2. Uji Kuat Lentur Beton

Uji kuat lentur bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat lentur beton terhadap sampel uji balok dengan cara diberi beban secara vertikal tepat di tengah-tengah bentang hingga benda uji mengalami keruntuhan. Langkah pengujian kuat lentur beton dilaksanakan sebagai berikut.

- a. Mengukur dan mencatat dimensi penampang sampel uji dengan jangka sorong, minimal di tiga tempat. Selanjutnya mengukur dan mencatat panjang sampel uji balok pada keempat rusuknya.
- b. Timbang serta catat berat benda uji.
- c. Gambar garis melintang sebagai petunjuk dan tanda letak titik perletakan dan titik pembebanan
  - 1) Garis sejauh 5% terhadap jarak bentang, diluar titik perletakan untuk sistem pembebanan dua titik beban.
  - 2) Garis sejauh 10% terhadap jarak bentang, diluar titik penempatan beban, sitem pembebanan 1 titik beban.

- d. Menempatkan blok tumpuan di atas meja uji desak bagian bawah, dengan jarak antara kedua blok tumpuan tertentu sesuai dengan panjang sampel uji.
  - e. Kecepatan pembebanan harus kontinu. Ketika pembebanan mencapai kurang lebih 50% dari beban maksimum yang diperkirakan, kecepatan pembebanan boleh lebih besar dari 6 kN per – menit. Kemudian, hingga balok uji mengalami keruntuhan, laju pembebanan harus diatur antara 4,3 kN sampai dengan 6 kN per – menit.
  - f. Setelah sampel uji patah. Mencatat beban maksimum yang telah menyebabkan sampel uji patah.
  - g. Sampel uji yang sudah selesai diuji, diukur dan dicatat tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25mm, sedikitnya pada tiga tempat dan ambil nilai rata-ratanya.
  - h. Mengukur dan mencatat jarak rata-rata antara penampang lintang patah dari tumpuan terdekat pada empat tempat di bagian tarik pada arah bentang serta pada bidang patah. Kemudian, perlu diperhatikan apakah agregat pecah, lepas, atau kombinasi keduanya.
3. Uji Absorpsi Beton
- Uji absorpsi beton menggunakan benda uji kubus dengan diameter 15cm x 15 cm x 15 cm. Berdasarkan SNI 6433-2016, pengujian absorpsi beton dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut.
- a. Sampel uji pada perendaman diangkat, setelah itu masukkan sampel uji ke dalam oven pada temperatur  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  dengan durasi waktu tidak kurang dari 24 jam.
  - b. Keluarkan sampel uji dari oven, dinginkan sampel uji sampai beberapa waktu sampai pada temperatur ruang (temperatur  $20 ^\circ\text{C}$  sampai  $25 ^\circ\text{C}$ )
  - c. Timbang berat sampel uji kering oven (A). Sampel uji kering oven di masukkan kembali ke dalam bak perendaman dengan durasi tidak kurang dari 48 jam.
  - d. Sampel uji di keluarkan, setelah itu keringkan permukaan benda uji menggunakan lap kering untuk menghilangkan kelembapan permukaan.

e. Timbang berat benda uji hasil perendaman (B).

#### 4.7.7 Olah Data

Olah data adalah tahapan di mana data mentah diperoleh dari pengujian kuat tekan dan absorpsi beton berdasarkan kode dan landasan teori. Olah data ini dilakukan memiliki tujuan untuk mengetahui parameter yang mempunyai makna.

#### 4.7.8 Analisis Data

Pada tahap ini parameter yang diperoleh dari hasil olah data dibandingkan berdasarkan kelompok variabel tertentu untuk mengetahui perbedaan nilai yang terjadi.

#### 4.7.9 Pembahasan

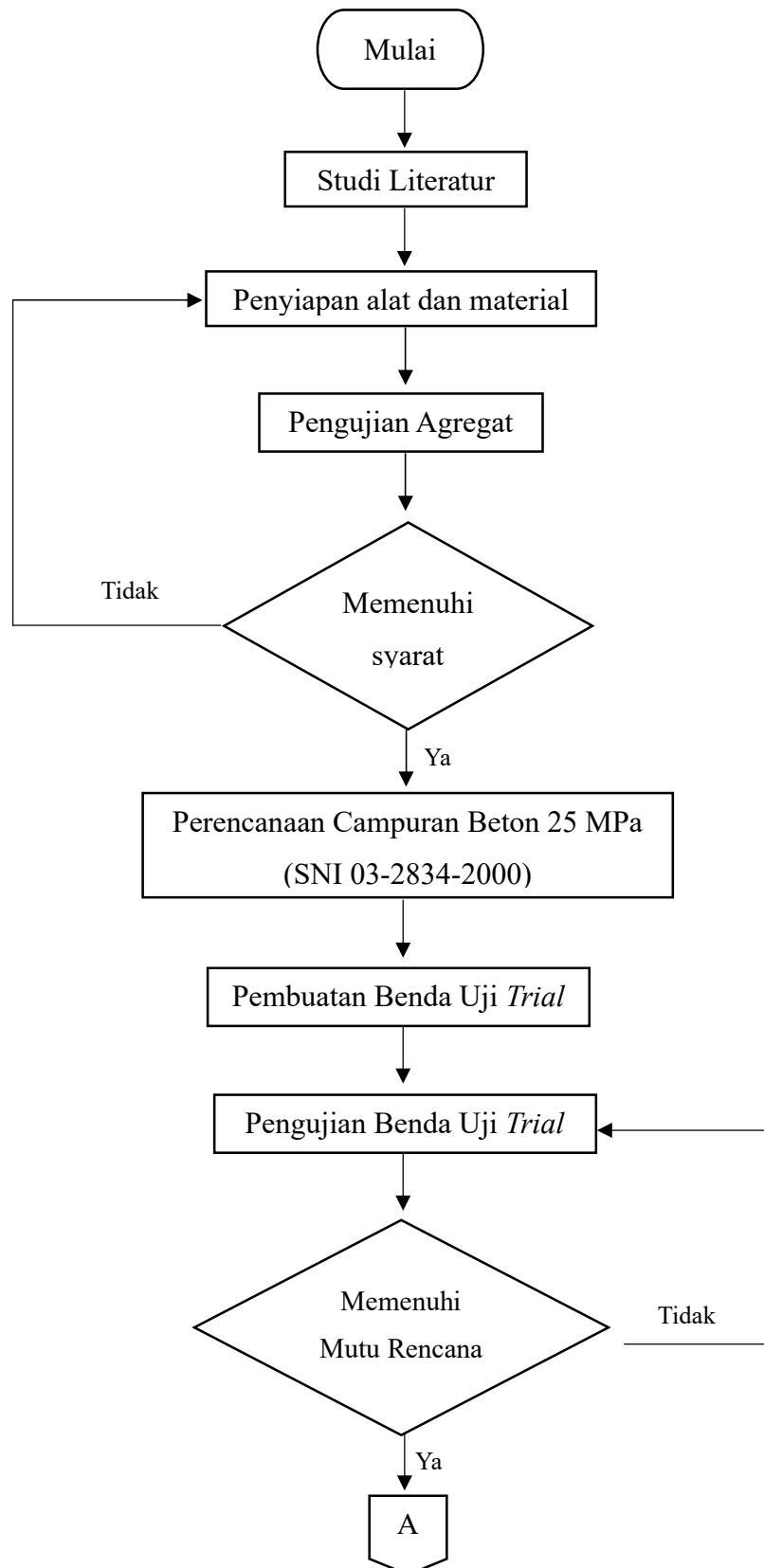
Dalam tahap ini hasil analisis dibahas untuk memberikan jawaban dan penafsiran terhadap perbedaan-perbedaan nilai yang ditemui pada tahap analisis data.

#### 4.7.10 Kesimpulan dan Saran

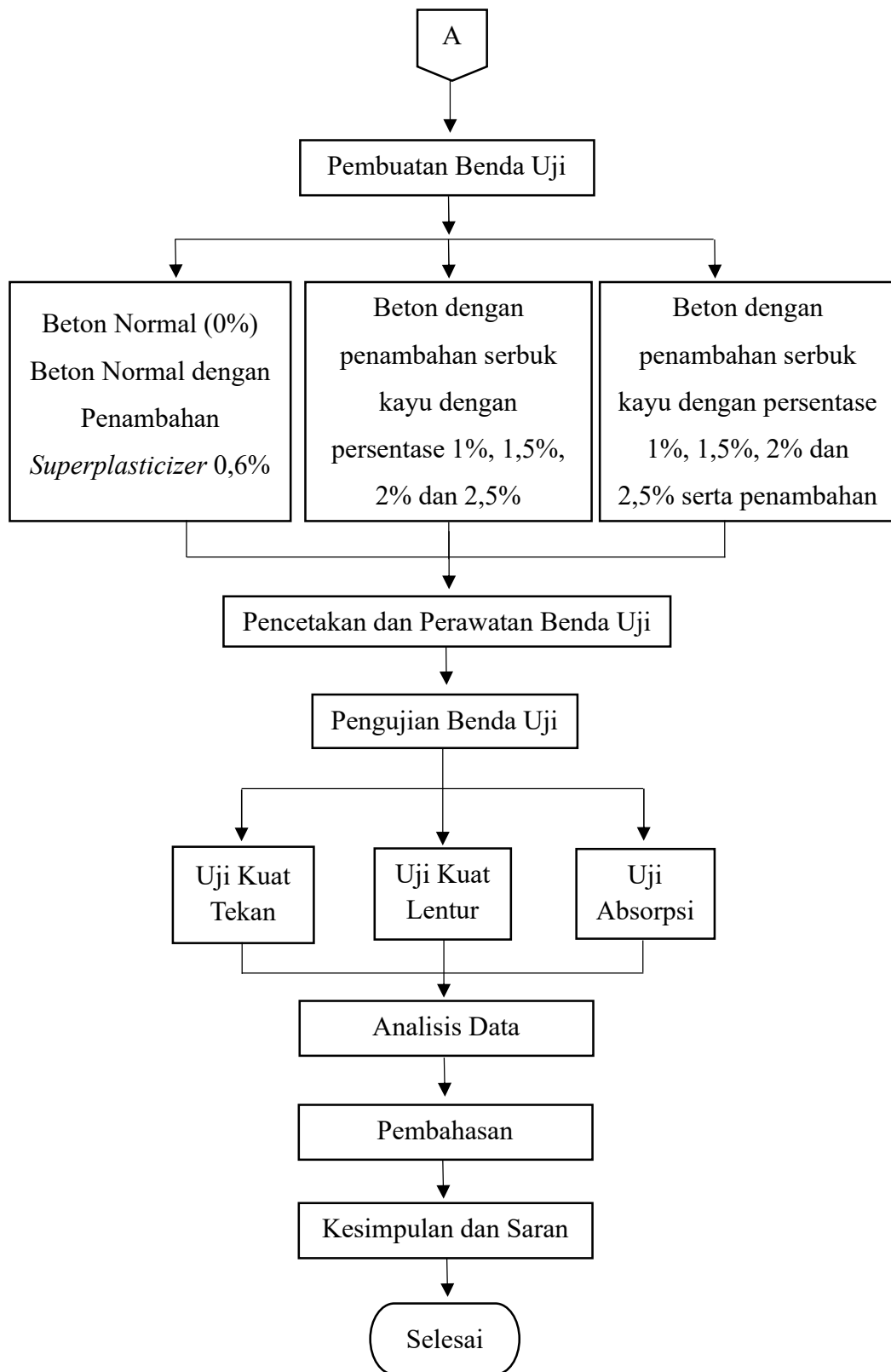
Dalam tahap ini hasil yang digunakan dari analisis data dan pembahasan dibuat kesimpulan yang mengacu pada tujuan penelitian. Selain itu, pada tahap ini juga saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya berdasarkan kesimpulan yang diperoleh.

#### 4.7.11 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 pada halaman selanjutnya.



**Gambar 4.1 Flowchart**



Lanjutan Gambar 4.1 *Flowchart*

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Pengujian

Pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang akan digunakan sebagai penyusunan beton. Agregat yang digunakan mempunyai beberapa persyaratan yang harus dipenuhi agregat sebelum melakukan perencanaan (*mix design*) campuran beton. Pengujian agregat yang dilakukan pada penelitian ini adalah pemeriksaan agregat halus dan pemeriksaan agregat kasar.

##### 5.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisis saringan, pengujian berat volume, dan pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kadar lumpur dalam agregat halus). Adapun hasil pengujian-pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan SNI 1970 – 1990 yang data pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 5.1. Adapun perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus sampel 1 adalah sebagai berikut.

##### a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis curah} &= \frac{B_k}{(B+500-B_t)} \\ &= \frac{498}{(737+500-1043)} \\ &= 2,56\end{aligned}$$

##### b. Berat Jenis Jenuh Kering Muka

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis jenuh kering muka} &= \frac{500}{(B+500-B_t)} \\ &= \frac{500}{(737+500-1043)} \\ &= 2,67\end{aligned}$$



## c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis semu} &= \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \\ &= \frac{498}{(671+500-984)} \\ &= 2,89 \end{aligned}$$

## d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air} &= \frac{(500-Bk)}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{(500-498)}{498} \times 100\% \\ &= 0,4016\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, dihitung juga nilai berat jenis dan penyerapan air agregat halus sampel 2 dan nilai rata-ratanya. Adapun rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	498	498	498
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1043	1047	1045
Berat piknometer berisi air, gram (B)	737	734	735,5
Berat jenis curah (Bk/(B+500-Bt))	2,567	2,663	2,61
Berat jenis jenuh kering muka (500/(B+500-Bt))	2,577	2,674	2,62
Berat jenis semu, (Bk/(B+Bk-Bt))	2,594	2,692	2,64
Penyerapan air, ((500-Bk)/(Bk x 100))	0,4016	0,4016	0,4

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus di atas diperoleh rata-rata berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,61. Berdasarkan dari SNI T – 15 – 1990 – 1, berat jenis jenuh kering permukaan agregat normal berada rentang 2,5 – 2,7. Pada hasil pengujian juga didapatkan penyerapan air agregat halus rata-rata sebesar 0,4016%. Dalam SNI 1970 – 2008, persyaratan penyerapan air adalah  $\leq 3\%$ .

## 2. Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian analisis saringan agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 1968 – 1990. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sampel agregat halus dengan berat 2000 gram. Dalam pengujian ini diperoleh data berat tertinggal pada masing-masing nomor saringan. Adapun data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3. Sedangkan perhitungan analisis saringan agregat halus untuk sampel 1 adalah sebagai berikut.

### a. Persentase Berat Tertinggal

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

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 10 mm} &= \frac{3}{2000} \times 100\% \\ &= 0,15\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= \frac{9}{2000} \times 100\% \\ &= 0,45\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= \frac{10}{2000} \times 100\% \\ &= 0,50\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= \frac{65}{2000} \times 100\% \\ &= 3,25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= \frac{520}{2000} \times 100\% \\ &= 26\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= \frac{957}{2000} \times 100\% \\ &= 47,85\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= \frac{396}{2000} \times 100\% \\ &= 19,80\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pan} &= \frac{40}{2000} \times 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

### b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 10 mm} &= 0\% + 0,15\% \\ &= 0,15\% \end{aligned}$$

Lubang ayakan 4,8 mm	= 0,15% + 0,45%
	= 0,60%
Lubang ayakan 2,4 mm	= 0,60% + 0,50%
	= 1,10%
Lubang ayakan 1,2 mm	= 1,10% + 3,25%
	= 4,35%
Lubang ayakan 0,6 mm	= 4,35% + 26%
	= 30,35%
Lubang ayakan 0,3 mm	= 30,35% + 47,85%
	= 78,20%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 78,20% + 19,80%
	= 98,00%
Pan	= 98,00% + 2,00%
	= 100%

c. Persentase Lolos Kumulatif

Lubang ayakan 10 mm	= 100% - 0,15%
	= 99,85%
Lubang ayakan 4,8 mm	= 100% - 0,60%
	= 99,40%
Lubang ayakan 2,4 mm	= 100% - 1,10%
	= 98,90%
Lubang ayakan 1,2 mm	= 100% - 4,35%
	= 95,65%
Lubang ayakan 0,6 mm	= 100% - 30,35%
	= 69,65%
Lubang ayakan 0,3 mm	= 100% - 78,20%
	= 21,80%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 100% - 98,00%
	= 2%
Pan	= 100% - 100%
	= 0%

Dengan langkah-langkah yang sama dilakukan pula perhitungan saringan agregat halus sampel 2. Rekapitulasi hasil perhitungan saringan agregat halus sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 berikut.

**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3	0,15	0,15	99,85
4,8	9	0,45	0,60	99,40
2,4	10	0,50	1,10	98,90
1,2	65	3,25	4,35	95,65
0,6	520	26	30,35	69,65
0,3	957	47,85	78,20	21,80
0,15	396	19,80	98,00	2
Pan	40	2	100	0
Jumlah	2000	100	212,600	-

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	0	0	0	100
2,4	10	0,50	0,50	99,50
1,2	80	4	4,50	95,50
0,6	570	28,50	33	67
0,3	934	46,70	79,70	20,30
0,15	384	19,20	98,90	1,10
Pan	22	1,10	100	0
Jumlah	2000	100	216,60	-

Dari hasil pengujian analisis saringan dapat dihitung nilai modulus halus butir sebagai berikut.

d. Modulus Halus Butir (MHB)

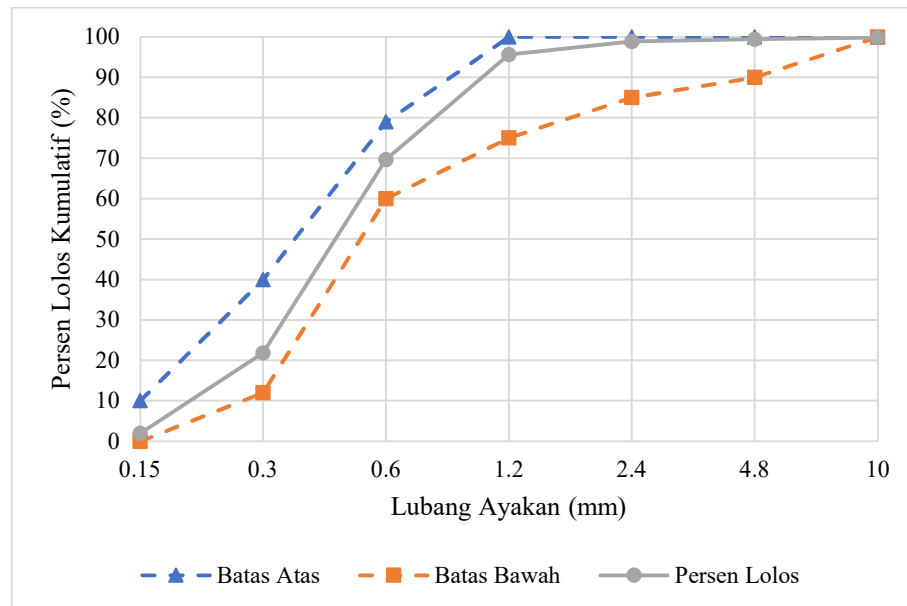
$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\Sigma \text{Persentase berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ \text{MHB sampel 1} &= \frac{212,6}{100} \\ &= 2,126 \\ \text{MHB sampel 2} &= \frac{216,6}{100} \\ &= 2,166 \\ \text{MHB rata – rata} &= 2,146 \end{aligned}$$

Berdasarkan SK SNIS- 04-1989-F, nilai modulus halus butir harus berada di antara 1,5 – 3,8 dan nilai kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5%, sehingga nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut sudah memenuhi spesifikasi untuk dijadikan bahan untuk campuran beton. Selain itu, pengujian analisis saringan juga digunakan untuk menentukan gradasi halus yang digunakan. Adapun penentuan gradasi tersebut berdasarkan Tabel 5.4 sebagai di bawah ini.

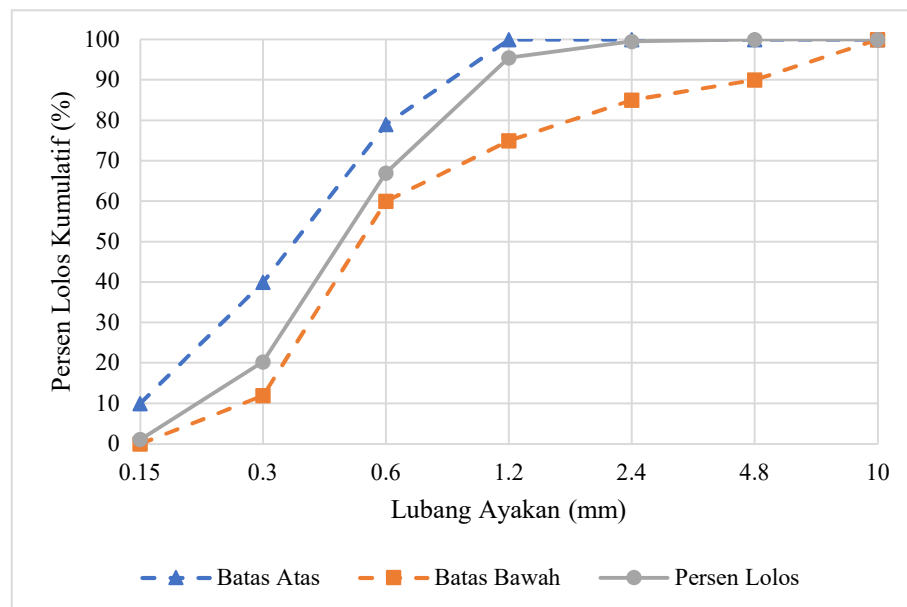
**Tabel 5.4 Gradasi Agregat Halus**

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

Sumber: SNI 2834-2000



**Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat Halus Daerah III Sampel 1**



**Gambar 5.2 Kurva Gradasi Agregat Halus Daerah III Sampel 2**

Berdasarkan kurva gradasi agregat halus pada halaman sebelumnya, maka agregat halus yang digunakan termasuk dalam daerah gradasi III (pasir halus).

### 3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Pengujian berat volume gembur dan agregat halus menggunakan SNI 4804-1998. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6. Adapun

perhitungan berat volume gembur dan pada agregat halus sampel 1 adalah sebagai berikut.

a. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned} \text{Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\ &= 18996 - 11009 \\ &= 7987 \text{ gram} \\ \\ \text{Volume Tabung (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\ &= 5283,707 \text{ cm}^3 \\ \\ \text{Berat volume gembur} &= 1,511 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

b. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned} \text{Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\ &= 19889 - 11009 \\ &= 8880 \text{ gram} \\ \\ \text{Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\ &= 5285,462 \text{ cm}^3 \\ \\ \text{Berat volume gembur} &= 1,680 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan pada sampel 1 maka dilakukan pula perhitungan pada sampel 2, sehingga diperoleh rekapitulasi hasil pengujian berat volume gembur dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 sebagai berikut.

**Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Diameter silinder (d), cm	14,95	14,95	14,95
Tinggi silinder (t), cm	30,1	30,1	30,1
Berat tabung (W1), gram	7987	7739	7863
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18996	18503	18749,5
Berat agregat (W3), gram	11009	10764	10886,5
Volume tabung (V), gram	5283,707	5283,707	5283,707
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,511	1,464	1,488

**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Diameter silinder (d), cm	14,95	14,95	14,95
Tinggi silinder (t), cm	30,11	30,11	30,11
Berat tabung (W1), gram	8880	8887	8883,5
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	19899	19651	19770
Berat agregat (W3), gram	11009	10764	10886,5
Volume tabung (V), gram	5285,462	5285,462	5285,462
Berat volume padat (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,68	1,68	1,68

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

Pengujian lolos saringan no. 200 (uji lumpur dalam pasir) berdasarkan pada SNI 4142-1996. Pengujian ini dilakukan dengan sampel sebanyak 500 gram agregat kering oven. Data hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini. Adapun perhitungan pengujian lolos saringan no. 200 pada sampel 1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar lumpur dalam pasir} &= \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 499}{499} \times 100\% \\
 &= 0,20\%
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Lolos Saringan no. 200**

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci (W2), gram	499	495	497
Berat yang lolos ayakan no. 200 [(W1 - W2/W1)]x 100%, %	0,20	1,00	0,60

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan persentase yang lolos saringan no. 200 atau kadar lumpur dalam agregat halus rata-rata adalah sebesar 0,60%. Pasir dapat



digunakan dalam pembuatan beton jika kandungan kandungan lumpur tidak lebih dari 5% (PBI 1971).

### 5.1.2 Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan salah satu material yang digunakan dalam campuran beton. Sifat dan karakteristik dari agregat kasar juga sangat penting untuk mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri. Dalam pengujian agregat kasar juga sama dengan apa yang dilakukan pada pengujian agregat halus namun tidak dilakukan pengujian kadar lumpur karena dalam pelaksanaan agregat kasar telah dicuci sebelum digunakan.

#### 1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar asli dilakukan berdasarkan SNI 1969-1990. Penguji memperoleh data seperti pada pengujian pada Tabel 5.8. Berikut adalah perhitungan pada sampel 1.

##### a. Berat jenis curah

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis curah} &= \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \\ &= \frac{4916}{(5000 - 3034)} \\ &= 2,501 \end{aligned}$$

##### b. Berat jenis SSD

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis SSD} &= \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \\ &= \frac{5000}{(5000 - 3034)} \\ &= 2,543 \end{aligned}$$

##### c. Berat jenis semu

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis semu} &= \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \\ &= \frac{4916}{(4916 - 3034)} \\ &= 2,612 \end{aligned}$$

##### d. Penyerapan air

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air} &= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \\ &= \frac{(5000 - 4916)}{4916} \times 100\% \\ &= 1,71\% \end{aligned}$$

Pada sampel 2, dilakukan perhitungan yang sama seperti pada perhitungan sampel 1 di atas, sehingga dapat dihitung nilai rata-ratanya. Adapun rekapitulasi pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

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

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak (Bk), gram	4916	4895	4905.5
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka/SSD (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil berisi air (Ba), gram	3034	3040	3037
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	2,501	2,497	2,498
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	2,543	2,551	2,547
Berat jenis semu, (Bk/( Bk-Ba))	2,612	2,639	2,625
Penyerapan air ((Bj-Bk)/(Bk x 100)), %	1,71	2,15	1,92

Berdasarkan hasil pengujian pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar di atas, didapat berat jenis kering muka rata-rata sebesar 2,547 dan penyerapan air rata-rata sebesar 1,92%.

## 2. Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisis saringan agregat kasar dilakukan berdasarkan SNI 1968 – 1990. Pengujian ini dilakukan pada sampel 1 dengan berat sebesar 5000 gram. Pada pengujian ini diperoleh data berat tertinggal pada masing-masing nomor saringan. Adapun data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan pada Tabel 5.10. Sedangkan, perhitungan analisis saringan agregat kasar untuk sampel 1 sebagai berikut.

### a. Persentase berat tertinggal

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

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 40 mm} &= \frac{0}{5000} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lubang ayakan 20 mm} &= \frac{10}{5000} \times 100\% \\
 &= 0,2\% \\
 \text{Lubang ayakan 10 mm} &= \frac{3631}{5000} \times 100\% \\
 &= 72,62\% \\
 \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= \frac{1191}{5000} \times 100\% \\
 &= 23,82\% \\
 \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= \frac{12}{5000} \times 100\% \\
 &= 0,24\% \\
 \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= \frac{8}{5000} \times 100\% \\
 &= 0,16\% \\
 \text{Pan} &= \frac{148}{5000} \times 100\% \\
 &= 2,96\%
 \end{aligned}$$

b. Persentase berat tertinggal kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Lubang ayakan 40 mm} &= 0\% \\
 \text{Lubang ayakan 20 mm} &= 0\% + 0,2\% \\
 &= 0,2\% \\
 \text{Lubang ayakan 10 mm} &= 0,2\% + 72,62\% \\
 &= 72,82\% \\
 \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= 72,82\% + 23,82\% \\
 &= 96,64\% \\
 \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= 96,64\% + 0,24\% \\
 &= 96,88\% \\
 \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= 96,88\% + 0,16\% \\
 &= 97,04\% \\
 \text{Pan} &= 100\%
 \end{aligned}$$

c. Persentase lolos kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Lubang ayakan 40 mm} &= 100\% - 0\% \\
 &= 100\% \\
 \text{Lubang ayakan 20 mm} &= 100\% - 0,2\%
 \end{aligned}$$

	= 99,80%
Lubang ayakan 10 mm	= 100% - 72,82%
	= 27,18%
Lubang ayakan 4,8 mm	= 100% - 96,64%
	= 3,36%
Lubang ayakan 2,4 mm	= 100% - 96,88%
	= 3,12%
Lubang ayakan 1,2 mm	= 100% - 97,04%
	= 2,96%
Pan	= 100% - 100%
	= 0%

Selanjutnya langkah perhitungan yang sama juga dilakukan untuk analisis saringan agregat kasar asli sampel 2. Rekapitulasi hasil perhitungan analisis saringan agregat kasar asli sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 di bawah ini.

**Tabel 5.9 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Asli Sampel 1**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	10	0,2	0,2	99,80
10	3631	72,62	72,82	27,18
4,8	1191	23,82	96,64	3,36
2,4	12	0,24	96,88	3,12
1,2	8	0,16	97,04	2,96
0,6	0	0	97,04	2,96
0,3	0	0	97,04	2,96
0,15	0	0	97,04	2,96
Sisa	148	2,96	100	0
Jumlah	5000	100	654,7	

**Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Asli Sampel 2**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3527	70,54	70,54	29,46
4,8	1314	26,28	96,82	3,18
2,4	14	0,28	97,1	2,90
1,2	6	0,12	97,22	2,78
0,6	0	0	97,22	2,78
0,3	0	0	97,22	2,78
0,15	0	0	97,22	2,78
Sisa	139	2,78	100	0
Jumlah	5000	100	653,4	

## d. Modulus Halus Butir (MHB)

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

$$\begin{aligned} \text{MHB}_{\text{sampel 1}} &= \frac{654,7}{100} \\ &= 6,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB}_{\text{sampel 2}} &= \frac{653,34}{100} \\ &= 6,53 \end{aligned}$$

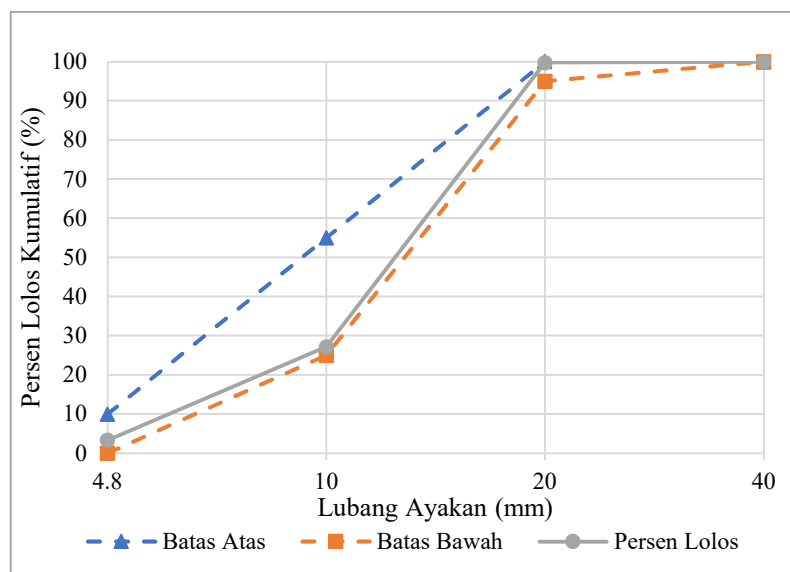
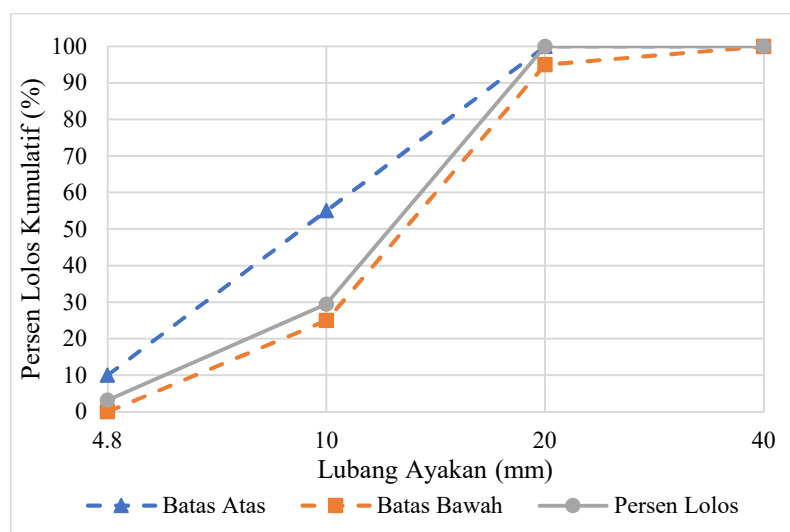
$$\begin{aligned} \text{MHB}_{\text{rata-rata}} &= \frac{\text{MHB}_{\text{sampel 1}} + \text{MHB}_{\text{sampel 2}}}{2} \\ &= 6,54 \end{aligned}$$

Dalam SNI 03-1968 (1990) dijelaskan bahwa nilai modulus halus butir agregat kasar berkisar antara 5-8. Oleh karena itu, nilai modulus halus butir agregat kasar asli yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan tersebut. Penggunaan hasil analisis saringan berpengaruh terhadap penentuan gradasi agregat yang digunakan. Adapun penentuan gradasi tersebut berdasarkan Tabel 5.11 sebagai berikut.

**Tabel 5.11 Gradasi Agregat Kasar**

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

Sumber: SNI 2834 (2000)

**Gambar 5.3 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 1****Gambar 5.4 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 2**

Berdasarkan kurva gradasi pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4, maka agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran maksimum 20 mm.

### 3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar

Pengujian berat volume gembur dan padat agregat kasar menggunakan SNI 4804-1998. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13. Adapun perhitungan berat volume gembur dan padat agregat kasar untuk sampel 1 adalah sebagai berikut.

#### a. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 17861 - 11191 \\
 &= 6670 \text{ gram} \\
 \text{Volume tabung(V)} &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\
 &= 5283,70 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{6670}{5283,70} \\
 &= 1,26 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

#### b. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 18992 - 11191 \\
 &= 7801 \text{ gram} \\
 \text{Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,11 \\
 &= 5285,46 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7801}{5285,46} \\
 &= 1,47 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan langkah yang sama dihitung pula berat volume gembur dan padat agregat kasar untuk sampel 2, sehingga diperoleh

rekapitulasi hasil pengujian berat volume gembur dan padat agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 di bawah ini.

**Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,95	14,95	14,95
Tinggi silinder (t), cm	30,1	30,1	30,1
Berat tabung (W1), gram	6670	6537	6603,5
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	17861	17230	17545,5
Berat agregat (W3), gram	11191	10693	10942
Volume tabung (V), gram	5283,707	5283,707	5283,707
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,262	1,237	1,249

**Tabel 5.13 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,95	14,95	14,95
Tinggi silinder (t), cm	30,11	30,11	30,11
Berat tabung (W1), gram	7801	7837	7819
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	11191	10693	10942
Berat agregat (W3), gram	18992	18530	18761
Volume tabung (V), gram	5285,462	5285,4628	5285,462
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,475	1,482	1,479

Dari hasil pengujian di atas diperoleh rata-rata berat volume gembur agregat kasar sebesar 1,249 gram/cm<sup>3</sup> dan rata-rata berat volume padat agregat kasar sebesar 1,479 gram/cm<sup>3</sup>.



## 5.2 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan SNI 2834-2000.

Adapun perhitungan rencana campuran adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana ( $f'c$ ) sebesar 25 MPa dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe I merk Tiga Roda Jenis PCC.
3. Dengan pengujian berat jenis agregat dan penyerapan agregat halus dan kasar diperoleh berat jenis agregat halus sebesar 2,547 dan berat jenis agregat kasar adalah 2,625.
4. Pada pengujian analisis saringan agregat halus didapatkan ukuran agregat maksimum adalah sebesar 20 mm.
5. Pada pengujian analisis saringan agregat halus didapat susunan butir agregat halus masuk pada gradasi III.
6. Karena sampel silinder yang digunakan berjumlah 5 buah, maka berdasarkan Tabel 5.14 digunakan nilai margin (M) sebesar 12 MPa.

**Tabel 5.14 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar bila Data Hasil Uji yang Terjadi Tersedia Kurang dari 30**

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	*)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau Lebih	1,00

Sumber: SNI 2834-2000

\*) jika tidak ada data uji lapangan untuk menghitung simpangan baku untuk memenuhi persyaratan di atas, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f'cr$  harus diambil minimal ( $f'c + 12$  MPa).

7. Menentukan kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan

$$f'cr = f'c + M$$

$$= 25 + 12$$

$$f'_{cr} = 37 \text{ MPa}$$

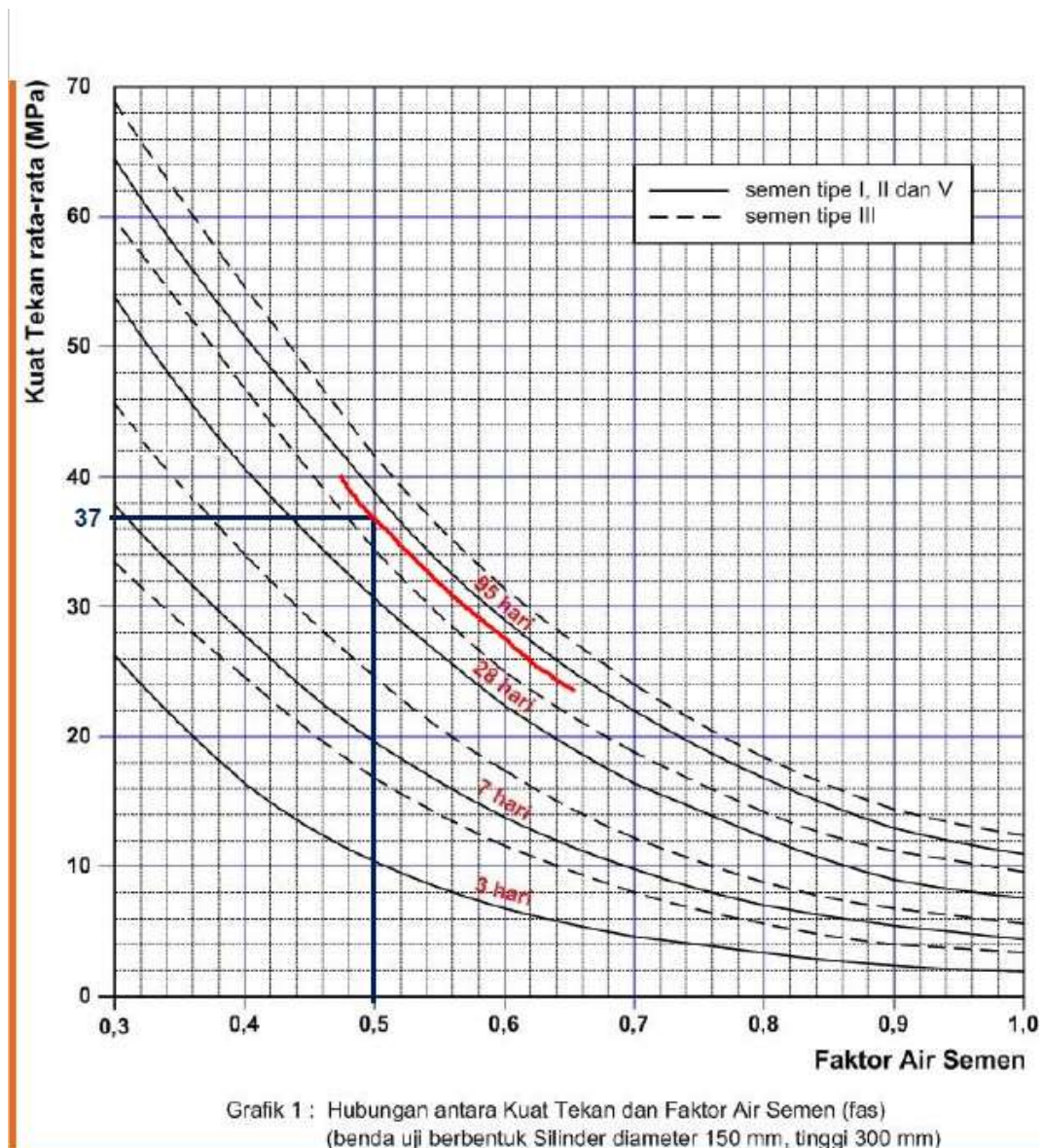
8. Menentukan nilai faktor air semen (fas) berdasarkan Tabel 5.15 dan Gambar 5.5 berikut ini.

**Tabel 5.15 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas 0,5 dan Jenis Semen serta Agregat yang Dipakai di Indonesia**

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen Portland Tipe I atau Semen Tahan Sulfat Tipe	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	

Sumber: SNI 2834-2000

- a. Digunakan semen *portland* tipe I, jenis agregat kasar adalah batu pecah, kuat tekan pada umur 28 hari dengan benda uji silinder. Sehingga berdasarkan Tabel 5.15 Didapatkan perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0,5 sebesar 37 MPa.
- b. Menggunakan Gambar 5.5 berikut ini, tarik horizontal ke kanan dengan acuan fas 0,5 sampai dengan didapat titik perpotongan antara 2 garis tersebut, kemudian buat kurva baru yang memotong titik perpotongan tersebut.
- c. Setelah terdapat kurva acuan baru, maka tarik garis horizontal ke kanan dengan acuan kuat tekan rencana yaitu 37 MPa sampai memotong kurva acuan tersebut. Setelah itu tarik kurva garis tadi ke arah vertikal bawah hingga menyentuh sumbu x. sehingga akan didapatkan fas sebesar 0,5.



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

(Sumber: SNI 2834-2000)

9. Menentukan kadar air yang dibutuhkan.
  - a. Digunakan ukuran butir maksimum agregat yang didapatkan dari hasil pengujian analisis saringan agregat kasar adalah sebesar 20 mm.
  - b. Jenis batuan terdiri dari agregat halus (batu tak dipecahkan) dan agregat kasar (batu pecah).
  - c. *Slump* rencana  $10 \pm 2$  cm, masuk ke dalam rentang *slump* 60 – 180 mm.

**Tabel 5.16 Perkiraan Kadar Bebas (kg/m<sup>3</sup>) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton**

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

Sumber: SNI 03 – 2834 – 2000

d. Kadar air yang dibutuhkan dihitung sebagai berikut.

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

10. Menentukan jumlah semen minimum dan nilai fas maksimum.

Jumlah semen minimum dan nilai fas maksimum ditentukan berdasarkan Tabel 5.17 sebagai berikut.

**Tabel 5.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus**

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non – korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52

**Lanjutan Tabel 5.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus**

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam 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 ruang 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 kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan silih berganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. Air tawar		
b. Air laut		Lihat Tabel 6

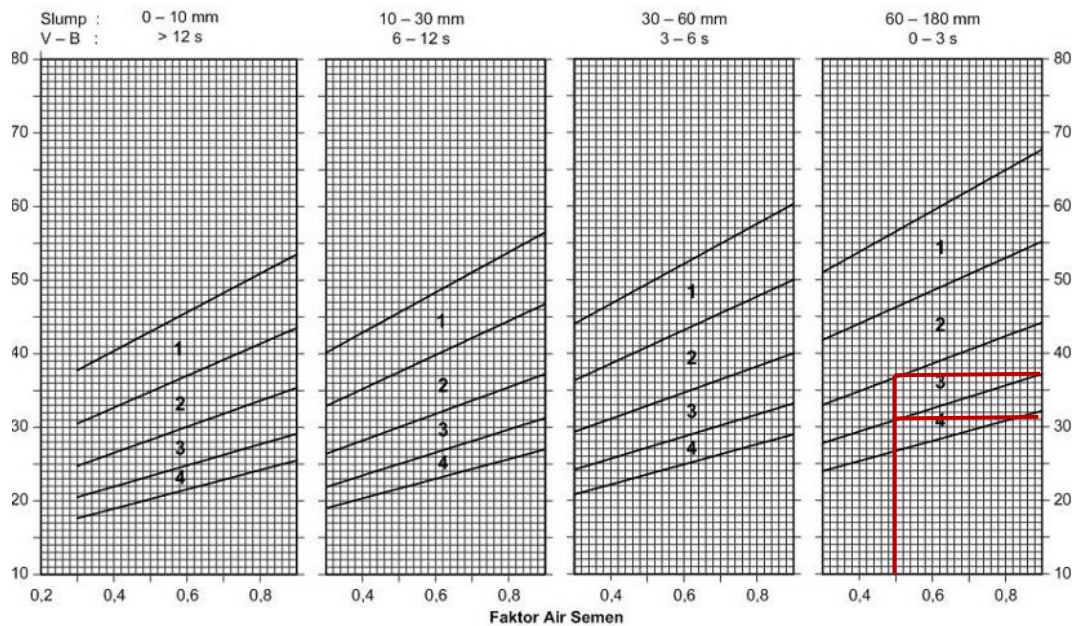
Sumber: SNI 2834-2000

Jenis pembetonan yang digunakan adalah beton di dalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 5.17 di atas diperoleh jumlah semen minimum sebesar 275 kg/m<sup>3</sup> dan nilai fas maksimum sebesar 0,60.

11. Menentukan kadar semen yang digunakan.
- Nilai fas yang diperoleh dari pembacaan grafik adalah 0,50 dan nilai fas maksimum berdasarkan jenis beton adalah 0,60. Digunakan nilai fas terkecil pada pembacaan grafik, yaitu sebesar 0,5.
  - Berdasarkan nilai fas dan kadar air maka nilai kadar semen dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar semen} &= \frac{\text{kadar air}}{\text{fas}} \\ &= \frac{205}{0,5} \\ &= 410 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Didapatkan kadar semen sebesar 410 kg/m<sup>3</sup> dan kadar semen minimum berdasarkan jenis pembetonan sebesar 275 kg/m<sup>3</sup>, sehingga digunakan kadar semen sebesar 410 kg/m<sup>3</sup>.
12. Menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar.
- Persentase agregat halus ditentukan berdasarkan Gambar 5.6 berikut.
- Ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah 20 mm, *slump* yang direncanakan antara 60-180 mm, nilai fas sebesar 0,5 dan gradasi agregat halus masuk dalam gradasi III.
  - Tarik garis vertikal ke atas dari nilai fas 0,5 hingga memotong kedua kurva yang membatasi daerah gradasi III.
  - Dari dua titik perpotongan pada butir b. tarik garis horizontal ke kanan, sehingga diperoleh persentase batas atas dan batas bawah agregat halus masing-masing adalah sebesar 31 dan 37.



Grafik 14: Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 20 mm

**Gambar 5.6 Grafik Persen Agregat Halus Terhadap Kadar Total yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm**

(Sumber: SNI 2834-2000)

d. Nilai persentase agregat halus rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persen Agregat Halus} &= \frac{37\% + 31\%}{2} \\ &= 34\% \end{aligned}$$

e. Nilai persentase agregat kasar dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Persen Agregat Kasar} &= 100\% - \% \text{Ag. Halus} \\ &= 100\% - 34\% \\ &= 66\% \end{aligned}$$

13. Menentukan berat jenis relatif agregat gabungan (kondisi SSD).

Berat jenis relatif agregat gabungan dihitung sebagai berikut.

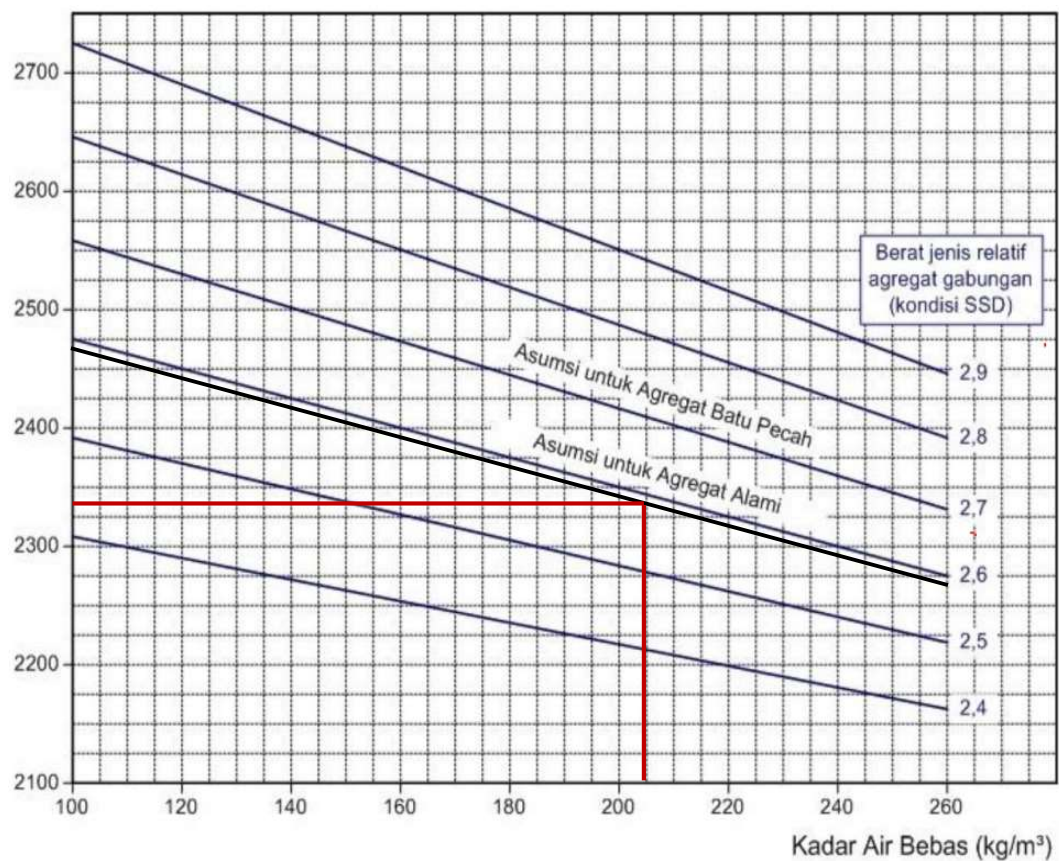
$$\begin{aligned} \text{Berat jenis gabungan} &= (\text{Persen Agregat Halus} \times \text{Berat Jenis Agregat Halus}) + (\text{Persen Agregat Kasar} \times \text{Berat Jenis Agregat Kasar}) \\ &= (34\% \times 2,62) + (66\% \times 2,54) \\ &= 2,57 \end{aligned}$$



## 14. Menentukan berat isi beton.

Berat isi beton ditentukan berdasarkan Gambar 5.7 sebagai berikut.

- Membuat kurva baru dengan gabungan nilai berat jenis relatif agregat sebesar 2,57.
- Tarik garis vertikal ke atas dari nilai kadar air sebesar  $205 \text{ kg/m}^3$  sampai memotong kurva baru pada butir a.
- Dari titik perpotongan pada butir b, tarik garis horizontal ke kiri, sehingga diperoleh nilai perkiraan berat isi beton sebesar  $2340 \text{ kg/m}^3$ .



Grafik 16: Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang telah selesai dipadatkan

**Gambar 5.7 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Didapatkan**

(Sumber: SNI 2834-2000)

## 15. Menentukan kadar agregat dalam campuran beton.

Berikut merupakan perhitungan kadar agregat dalam campuran beton.



$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat} &= \text{Berat isi beton} - \text{Kadar semen} - \text{Kadar Air} \\ &= 2340 - 410 - 205 \\ &= 1725 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

16. Menentukan kadar agregat halus dan agregat kasar dalam campuran beton. Berikut merupakan perhitungan kadar agregat halus dan agregat kasar.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat halus} &= \text{Persen agregat halus} \times \text{Kadar agregat} \\ &= 34\% \times 1725 \\ &= 586,5 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat} - \text{Kadar agregat halus} \\ &= 1725 - 586,5 \\ &= 1138,5 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

17. Proporsi campuran per 1 m<sup>3</sup> beton.

Dalam hasil perencanaan campuran didapatkan proporsi tiap material untuk tiap 1 m<sup>3</sup> beton sebagai berikut.

- a. Semen = 410 kg
- b. Air = 205 kg
- c. Agregat halus = 586,5 kg/m<sup>3</sup>
- d. Agregat kasar = 1138,5 kg/m<sup>3</sup>

18. Proporsi campuran per 1 m<sup>3</sup> beton dengan angka penyusutan.

Dalam penelitian ini diambil angka penyusutan sebesar 25%. Oleh karena itu, proporsi tiap material per 1 m<sup>3</sup> beton dengan angka penyusutan adalah sebagai berikut.

- a. Semen = 512,5 kg
- b. Air = 256,25 kg
- c. Agregat Halus = 733,13 kg
- d. Agregat Kasar = 1423,13 kg

19. Hasil perencanaan campuran beton.

Rekapitulasi hasil perencanaan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.18 di halaman selanjutnya.

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton**

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	MPa
2	Standar deviasi	-	-
3	Nilai tambah / Margin (M)	12	Mpa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	MPa
5	Jenis Semen	Tipe I	
6	Jenis Agregat Halus	Batu Pecah	
7	Jenis Agregat Kasar	Alami	
8	Faktor air semen bebas (FAS)	0,5	
9	Faktor air semen maksimum	0,6	
10	FAS digunakan	0,5	
11	<i>Slump</i>	10 ± 2	cm
12	Ukuran agregat maksimum	20	mm
13	Kadar air bebas	205	kg/m <sup>3</sup>
14	Kadar Semen	410	kg/m <sup>3</sup>
15	Kadar semen maksimum	-	kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar semen minimum	275	kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar semen yang digunakan	410	kg/m <sup>3</sup>
18	FAS disesuaikan	-	
19	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi III	
20	Berat jenis agregat halus (SSD)	2,547	
21	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2,625	
22	Presentase agregat halus	34	%
23	Presentase agregat kasar	66	%
24	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2,57	
25	Berat isi beton	2340	kg/m <sup>3</sup>
26	Kadar agregat gabungan	1725	kg/m <sup>3</sup>
27	Kadar agregat halus	586,50	kg/m <sup>3</sup>
28	Kadar agregat kasar	1138,50	kg/m <sup>3</sup>
29	Kadar semen dengan angka penyusutan	512,50	kg/m <sup>3</sup>
30	Kadar air dengan angka penyusutan	256,25	kg/m <sup>3</sup>
31	Kadar agregat halus dengan angka penyusutan	733,13	kg/m <sup>3</sup>
32	Kadar agregat kasar dengan angka penyusutan	1423,13	kg/m <sup>3</sup>

## 20. Volume benda uji

Digunakan benda uji pada setiap penelitian untuk setiap variasi terdiri dari 5 silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm serta 2 kubus dengan dimensi 150 x 150 x 150 mm dan 5 balok dimensi 150 x 150 x 600 mm. Adapun volume benda uji dihitung berdasarkan jumlah benda uji dalam satu kali *mixing*. Pada penelitian ini pembuatan benda uji tiap variasi dilakukan dalam dua kali *mixing*. *Mixing* pertama terdiri dari 5 buah silinder serta 2 buah kubus dan *mixing* kedua adalah 5 buah balok. Sehingga diperoleh volume benda uji untuk setiap *mixing* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Volume } \textit{mixing} 1 &= (5 \times V_{\text{silinder}}) + (2 \times V_{\text{kubus}}) \\
 &= (5 \times \frac{1}{4} \pi \times d^2 \times t) + (2 \times 0,15 \times 0,15 \times 0,15) \\
 &= 0,0332 \text{ m}^3 \\
 \text{b. Volume } \textit{mixing} 2 &= (5 \times V_{\text{balok}}) \\
 &= (5 \times 0,15 \times 0,15 \times 0,60) \\
 &= 0,0675 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

21. Proporsi campuran untuk tiap kali *mixing*a. Proporsi campuran *mixing* pertama

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Semen} &= 0,0332 \times 512,50 &= 17,044 \text{ kg} \\
 2) \text{ Air} &= 0,0332 \times 256,25 &= 8,522 \text{ kg} \\
 3) \text{ Agregat Halus} &= 0,0332 \times 733,13 &= 24,382 \text{ kg} \\
 4) \text{ Agregat Kasar} &= 0,0332 \times 1423,13 &= 47,329 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Proporsi campuran *mixing* kedua

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Semen} &= 0,0675 \times 512,50 &= 34,594 \text{ kg} \\
 2) \text{ Air} &= 0,0675 \times 256,25 &= 17,297 \text{ kg} \\
 3) \text{ Agregat Halus} &= 0,0675 \times 733,13 &= 49,486 \text{ kg} \\
 4) \text{ Agregat Kasar} &= 0,0675 \times 1423,13 &= 96,061 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

22. Menghitung Kadar *Superplasticizer**Mixing* Pertama

$$\begin{aligned}
 \textit{Superplasticizer} 0,6\% &= 0,6\% \times \text{Berat Semen} \\
 &= 0,6\% \times 17,044 \\
 &= 0,102 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

*Mixing Kedua*

$$\begin{aligned}
 \text{Superplasticizer 0,6\%} &= 0,6\% \times \text{Berat Semen} \\
 &= 0,6\% \times 34.594 \\
 &= 0,207 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 23. Menghitung Kadar Bahan Tambah Serbuk Kayu

*Mixing Pertama*

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk Kayu 1\%} &= 1\% \times \text{Ag. Halus} \\
 &= 1\% \times 24,382 \\
 &= 0,244 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk Kayu 1,5\%} &= 1,5\% \times \text{Ag. Halus} \\
 &= 1,5\% \times 24,382 \\
 &= 0,366 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk Kayu 2\%} &= 2\% \times \text{Ag. Halus} \\
 &= 2\% \times 24,382 \\
 &= 0,488 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk Kayu 2,5\%} &= 2,5\% \times \text{Ag. Halus} \\
 &= 2,5\% \times 24,382 \\
 &= 0,610 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

*Mixing Kedua*

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk Kayu 1\%} &= 1\% \times \text{Ag. Halus} \\
 &= 1\% \times 49,486 \\
 &= 0,495 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk Kayu 1,5\%} &= 1,5\% \times \text{Ag. Halus} \\
 &= 1,5\% \times 49,486 \\
 &= 0,742 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk Kayu 2\%} &= 2\% \times \text{Ag. Halus} \\
 &= 2\% \times 49,486 \\
 &= 0,990 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk Kayu 2,5\%} &= 2,5\% \times \text{Ag. Halus} \\
 &= 2,5\% \times 49,486 \\
 &= 1,237 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi proporsi campuran dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20 berikut.

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton yang Digunakan pada *Mixing* Pertama**

Kadar Serbuk Kayu	Kadar SP	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Serbuk Kayu (kg)	SP (kg)
0%	-	17,044	8,522	24,382	47,329	0	-
1%	-	17,044	8,522	24,382	47,329	0,244	-
1,5%	-	17,044	8,522	24,382	47,329	0,366	-
2%	-	17,044	8,522	24,382	47,329	0,488	-
2,5%	-	17,044	8,522	24,382	47,329	0,610	-
0%	0,6%	17,044	8,522	24,382	47,329	0	0,102
1%	0,6%	17,044	8,522	24,382	47,329	0,244	0,102
1,5%	0,6%	17,044	8,522	24,382	47,329	0,366	0,102
2%	0,6%	17,044	8,522	24,382	47,329	0,488	0,102
2,5%	0,6%	17,044	8,522	24,382	47,329	0,610	0,102
Jumlah		170,044	85,22	243,82	473,29	3,416	0,51

\*) Keterangan SP: *Superplasticizer*

**Tabel 5.20 Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton yang Digunakan pada *Mixing* Kedua**

Kadar Serbuk Kayu	Kadar SP	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Serbuk Kayu (kg)	SP (kg)
0%	-	34,594	17,297	49,486	96,061	0	-
1%	-	34,594	17,297	49,486	96,061	0,495	-
1,5%	-	34,594	17,297	49,486	96,061	0,742	-
2%	-	34,594	17,297	49,486	96,061	0,990	-
2,5%	-	34,594	17,297	49,486	96,061	1,237	-
0%	0,6%	34,594	17,297	49,486	96,061	0	0,207
1%	0,6%	34,594	17,297	49,486	96,061	0,495	0,207
1,5%	0,6%	34,594	17,297	49,486	96,061	0,742	0,207
2%	0,6%	34,594	17,297	49,486	96,061	0,990	0,207
2,5%	0,6%	34,594	17,297	49,486	96,061	1,237	0,207
Jumlah		345,94	172,97	494,86	960,61	6,928	1,03

\*) Keterangan SP: *Superplasticizer*

### 5.3 Hasil Pengujian Benda Uji *Trial*

Berdasarkan perencanaan campuran yang telah dilaksanakan, kemudian dilakukan percobaan pembuatan benda uji *trial*. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran dari perencanaan campuran. Benda uji sampel yang dibuat adalah 3 silinder yang sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu diberikan lapisan *capping* untuk meratakan permukaannya. Pengujiannya dilakukan pada umur beton 7 hari. Oleh karena itu, pada perhitungan nilai kuat tekan beton perlu dibagi dengan angka konversi umur uji. Adapun perhitungan kuat tekan beton *trial* adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton *trial* umur 7 hari

$$\begin{aligned} \text{a. } f'_{\text{Caktual}} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{298 \times 1000}{17975.83} \\ &= 16,57 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } f'_{\text{Cterkoreksi}} &= f'_{\text{Caktual}} \times \frac{1}{\text{Angka Terkoreksi}} \\ &= 16,57 \times \frac{1}{0,65} \\ &= 25,504 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Kuat tekan beton *trial* umur 7 hari

$$\begin{aligned} f'_{\text{Caktual}} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{328.28 \times 1000}{17671} \\ &= 18,577 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_{\text{Cterkoreksi}} &= f'_{\text{Caktual}} \times \frac{1}{\text{Angka Terkoreksi}} \\ &= 18,577 \times \frac{1}{0,65} \\ &= 28,58 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Kuat tekan beton *trial* umur 7 hari

$$\begin{aligned} f'_{\text{Caktual}} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{315 \times 1000}{17975,130} \\ &= 17,522 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f'_{c_{\text{terkoreksi}}} &= f'_{c_{\text{aktual}}} \times \frac{1}{\text{Angka Terkoreksi}} \\
 &= 17,522 \times \frac{1}{0,65} \\
 &= 26,96 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, dihitung juga kuat tekan beton pada sampel-sampel yang lain. Adapun rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton *trial* dapat dilihat dalam Tabel 5.21 sebagai berikut.

**Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton *Trial***

Umur Uji	No. Sampel I	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan Umur Uji (MPa)	Angka Konversi Umur Uji	Kuat Tekan (MPa)
7	1	151,283	17975,130	298	16,57	0,65	25,504
7	2	149,998	17671	328,28	18,577	0,65	28,58
7	3	151,217	17959,292	315	17,522	0,65	26,96

Berdasarkan Tabel 5.21 di atas, dapat diketahui bahwa hasil pengujian benda uji *trial* telah memenuhi mutu rencana yaitu 25 MPa. Dari 3 benda uji yang dibuat, seluruh benda uji melebihi mutu rencana. Benturan yang terjadi pada beton umur muda berpengaruh pada kekuatan beton. Beton dengan umur 1 hari hanya memiliki kekuatan tekan sekitar 16% dari kekuatan beton tersebut saat usia 28 hari (DPU Kab. Kulon Progo, 2022). Oleh karena itu, beton pada umur muda harus dihindarkan dari benturan, sehingga tidak terjadi penurunan kekuatan beton.

#### 5.4 Hasil Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* terdapat pada beton segar memiliki tujuan dalam mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada beton. Semakin tinggi nilai *slump*, maka tingkat kemudahan pengerjaan beton juga semakin tinggi (mudah dikerjakan). Sebaliknya, semakin rendah nilai *slump* maka beton semakin sulit dikerjakan. Beton segar yang baik adalah beton yang mudah dikerjakan (*workability* baik), tidak terjadi pemisahan antara agregat dengan campuran (*segregasi*), dan pemisahan air dari campuran (*bleeding*).

Penggunaan serbuk kayu jati pada penambahan campuran beton berpengaruh terhadap nilai *slump* dikarenakan serbuk kayu jati memiliki sifat penyerapan air yang cukup tinggi. Berdasarkan penelitian Irlando (2019) penyerapan air oleh serbuk kayu jati menyebabkan adukan campuran beton menjadi semakin kental, oleh karena itu nilai *slump* yang dihasilkan lebih rendah dari pada tanpa serbuk kayu. Karena adanya penurunan nilai *slump* maka pada penelitian ini ditambahkan Sika ViscoCrete 3115N merupakan *superplasticizer* yang bertujuan meningkatkan kelecakan pada beton. Selain itu, Sika Indonesia mengklaim bahwa penggunaan Sika ViscoCrete 3115 N dapat menghasilkan kepadatan dan kekuatan yang tinggi serta menghasilkan campuran beton dengan kemampuan mengalir yang sangat baik dengan kohesi yang optimal dan perilaku pemadatan diri yang kuat. Penggunaan Sika ViscoCrete 3115N memberikan *workability* yang lebih lama pada beton tergantung dengan kualitas material yang digunakan. Namun, kemampuan mengalir pada campuran beton yang terlalu tinggi terhadap beton normal bisa menyebabkan adukan beton terlalu cair yang terukur melalui peningkatan nilai *slump* hingga melebihi nilai rencana *slump* pada beton yang akan kita buat.

Dalam pelaksanaan *mixing* varian beton dengan serbuk kayu dan beton serbuk kayu menggunakan *superplasticizer* 0,6% memenuhi dalam mencapai *range slump* rencana. Adapun hasil pengujian *slump* beton variasi kadar serbuk kayu dan beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* 0,6% yang dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan Tabel 5.23 di bawah ini.

**Tabel 5.22 Hasil Pengujian Nilai *Slump* dengan Bahan Tambah Serbuk Kayu**

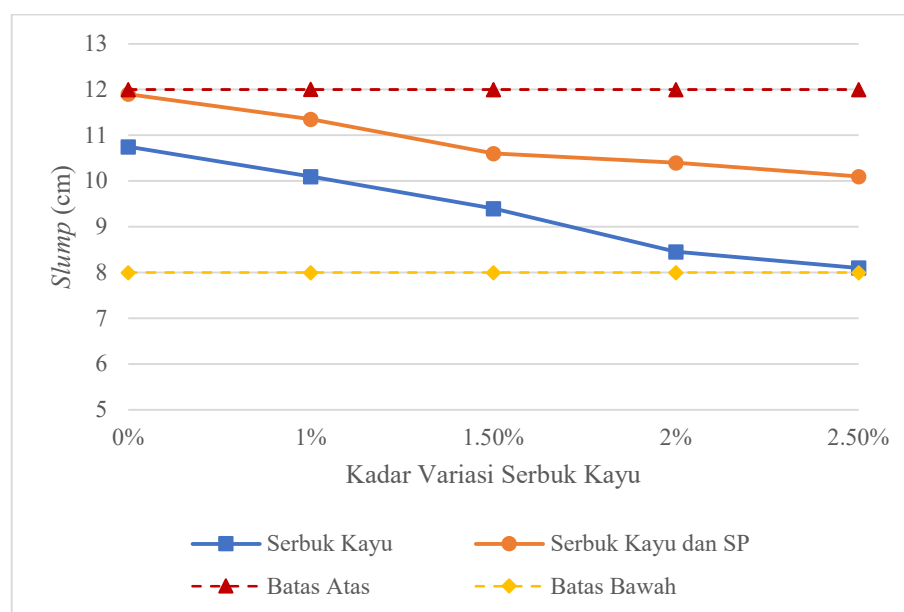
Variasi Kadar Serbuk Kayu	<i>Slump</i> (cm)		
	<i>Mixing</i> 1	<i>Mixing</i> 2	Rata -Rata
SK 0%	11	10,5	10,75
SK 1%	10,2	10	10,1
SK 1,5%	9,6	9,2	9,4
SK 2%	8,6	8,3	8,45
SK 2,5%	8,2	8	8,1



**Tabel 5.23 Hasil Pengujian Nilai *Slump* dengan Bahan Tambah Serbuk Kayu dan *Superplasticizer***

Variasi Kadar Serbuk Kayu	<i>Slump</i> (cm)		
	<i>Mixing</i> 1	<i>Mixing</i> 2	Rata - Rata
SK 0% - SP	11,8	12	11,9
SK 1% - SP	11,5	11,2	11,35
SK 1,5% - SP	10,4	10,8	10,6
SK 2% - SP	10,3	10,5	10,4
SK 2,5% - SP	10	10,2	10,1

Berdasarkan Tabel 5.22 dan Tabel 5.23 pada halaman sebelumnya, hasil pengujian *slump* tiap masing-masing adukan tiap varian telah memenuhi *slump* rencana, yaitu  $10 \pm 2$  cm. Adanya perbedaan nilai *slump* dikarenakan kadar air pada agregat. Berdasarkan pada tabel maka dapat dibuat grafik sesuai Gambar 5.8 berikut.



**Gambar 5.8 Nilai *Slump* terhadap Variasi Serbuk Kayu dan Variasi Serbuk Kayu dengan Penambahan SP 0,6%**

Berdasarkan pada Gambar 5.8 di atas menunjukkan bahwa nilai *slump* pada penggunaan beton serbuk kayu tanpa penambahan *superplasticizer* memiliki nilai

*slump* yang lebih rendah dibandingkan dengan serbuk kayu jati dengan penambahan *superplasticizer*. Nilai *slump* tertinggi yang didapatkan dengan beton tanpa penambahan *superplasticizer* adalah sebesar 10,75 cm kemudian untuk nilai terkecil yang telah diujikan sebesar 8,1 cm. Pada tinjauan lain didapatkan campuran beton dengan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* 0,6% memiliki *slump* dengan nilai terbesar adalah 11,9 cm dan nilai terkecil adalah 10,1 cm. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dikatakan dalam penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton mampu menaikkan *workability* dengan penambahan serbuk kayu pada campuran beton.

Hasil pengujian beton serbuk kayu didapatkan nilai penurunan pada nilai *slump* hal ini dikarenakan terserapnya air oleh serbuk kayu karena memiliki sifat higroskopis (menyerap air). Kemudian hasil pengujian slump beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* terjadi peningkatan nilai *slump*. Penggunaan bahan tambah *superplasticizer* berperan memperbaiki *workability* pada campuran beton serbuk kayu karena karakteristik dari *superplasticizer* dapat mengencerkan adukan beton. Superplasticizer sodium glukonat memiliki kemampuan untuk mengurangi kadar air dan memperlambat waktu pengerasan dan tingkat *workability*. Superplasticizer polycarboxylate yang paling efektif, mampu mengurangi air hingga 40%, bisa digunakan untuk beton mutu tinggi dan memiliki nilai slump yang baik (Utami, Herbudiman dan Irawan, 2017). Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwasannya penggunaan dari *superplasticizer* dalam penelitian ini berpengaruh dalam meningkatkan nilai *slump*. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



**Gambar 5.9 Pengujian *Slump***

### 5.5 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton

Pemeriksaan berat volume beton dilakukan terhadap benda uji yang didiamkan setelah proses perawatan beton. Benda uji silinder ditimbang beratnya dan juga diukur dimensinya untuk menghitung volume beton. Pemeriksaan ini dilakukan sebelum silinder diuji kuat tekan beton. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Adapun perhitungan dan rekapitulasi hasil pemeriksaan berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut.

#### 1. Berat Volume Beton

$$M_c = 13099 \text{ gram}$$

$$V_m = \frac{1}{4} \times \pi \times (150,067 \times 10^{-3})^2 \times 300 \times 10^{-3}$$

$$= 0,00532 \text{ m}^3$$

$$D = \frac{13099 \times 10^{-3}}{0,00532}$$

$$= 2460,443 \text{ kg/m}^3$$

Dengan cara yang sama seperti perhitungan di atas maka didapatkan hasil rekapitulasi seperti pada Tabel 5.24 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Beton dengan Serbuk Kayu

Variasi Kadar Serbuk Kayu	<i>Superplasticizer</i>	No. Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume rerata (kg/m <sup>3</sup> )
0%	0%	1	150,067	301,000	0,00532	13,099	2460,443	2437,675
		2	150,667	303,467	0,00541	12,974	2397,942	
		3	150,667	300,267	0,00535	13,097	2446,473	
		4	150,167	301,333	0,00534	13,127	2459,696	
		5	150,000	301,500	0,00533	12,914	2423,824	
1%	0%	1	150,250	302,000	0,00535	12,999	2427,639	2426,069
		2	150,450	301,250	0,00536	12,848	2399,022	
		3	150,550	301,600	0,00537	13,135	2446,512	
		4	149,833	301,167	0,00531	12,828	2415,713	
		5	150,067	301,000	0,00532	12,998	2441,461	
1,5%	0%	1	150,067	301,033	0,00532	12,987	2439,135	2405,483
		2	150,333	303,467	0,00539	12,839	2383,525	
		3	150,667	302,167	0,00539	13,083	2428,491	
		4	150,167	301,033	0,00533	12,798	2400,438	
		5	151,000	301,133	0,00539	12,812	2375,824	

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Volume Beton Serbuk Kayu

Variasi Kadar Serbuk Kayu	<i>Superplasticizer</i>	No. Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume rerata (kg/m <sup>3</sup> )
2%	0%	1	150,067	300,300	0,00531	12,718	2394,446	2388,211
		2	150,500	301,567	0,00536	12,607	2349,987	
		3	150,333	300,633	0,00534	12,683	2376,755	
		4	150,167	300,667	0,00533	12,783	2400,549	
		5	150,267	300,267	0,00533	12,883	2419,317	
2,5%	0%	1	150,433	302,133	0,00537	12,635	2352,873	2352,582
		2	150,367	300,800	0,00534	12,685	2374,759	
		3	150,133	301,933	0,00535	12,454	2329,988	
		4	150,167	301,667	0,00534	12,585	2355,532	
		5	150,163	301,533	0,00534	12,548	2349,760	

Tabel 5.25 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Beton Serbuk Kayu dengan Superplastizicer

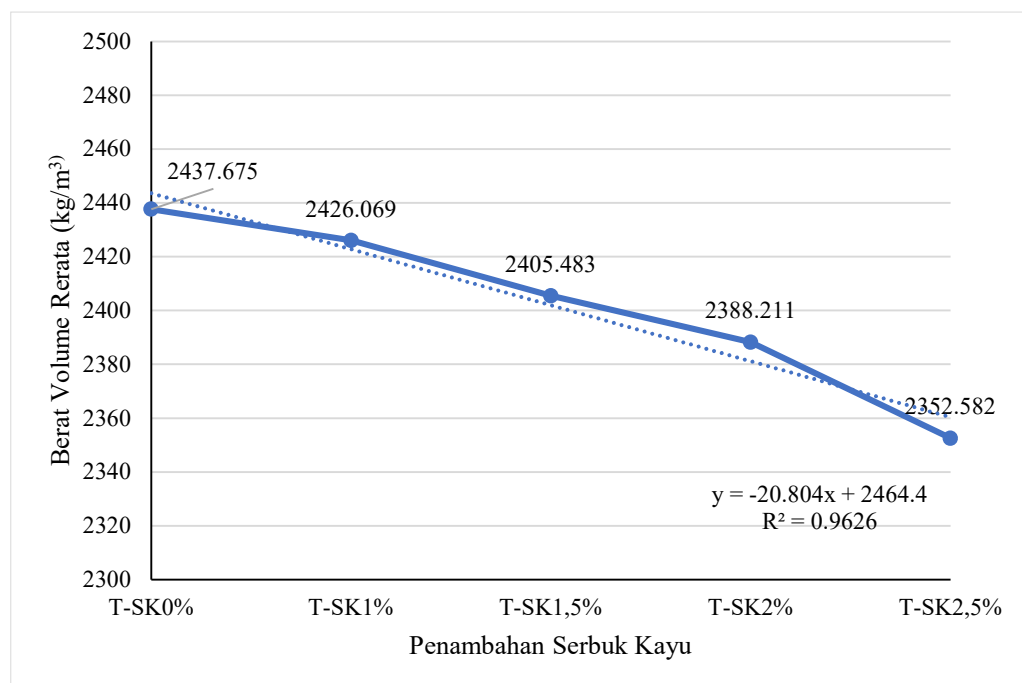
Variasi Kadar Serbuk Kayu	<i>Superplastizicer</i>	No. Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume rerata (kg/m <sup>3</sup> )
0%	0,6%	1	150,6	301,2	0,005365	12,965	2416,450	2446,946
		2	150,2	301,3	0,005339	13,068	2447,824	
		3	150,6	301,3	0,005367	13,053	2432,044	
		4	150,5	301	0,005355	13,133	2452,644	
		5	150,8	301,8	0,005390	13,399	2485,768	
1%	0,6%	1	150,167	301,000	0,00533	13,199	2475,925	2451,151
		2	150,400	301,200	0,00535	12,974	2424,562	
		3	151,533	300,550	0,00542	13,197	2434,738	
		4	150,400	301,250	0,00535	13,227	2471,432	
		5	150,500	301,000	0,00535	13,114	2449,096	
1,5%	0,6%	1	150,300	301,400	0,00535	13,065	2443,196	2454,732
		2	150,500	301,567	0,00536	13,068	2435,919	
		3	150,433	300,500	0,00534	13,053	2443,925	
		4	150,550	301,267	0,00536	13,133	2448,846	
		5	150,367	301,600	0,00536	13,399	2501,774	

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Beton Serbuk Kayu dengan *Superplastizicer*

Variasi Kadar Serbuk Kayu	<i>Superplastizicer</i>	No. Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume rerata (kg/m <sup>3</sup> )
2%	0,6%	1	150,067	301,40	0,00533	13,199	2475,936	2460,119
		2	150,300	300,90	0,00534	13,174	2467,673	
		3	150,217	301,75	0,00535	13,197	2467,754	
		4	150,400	301,45	0,00536	13,227	2469,793	
		5	150,467	302,50	0,00538	13,014	2419,440	
2,5%	0,6%	1	150,400	301,150	0,00535	13,065	2441,974	2463,210
		2	150,850	300,250	0,00537	13,068	2435,261	
		3	150,650	301,750	0,00538	13,153	2445,397	
		4	150,133	300,000	0,00531	13,133	2472,854	
		5	150,067	300,550	0,00532	13,399	2520,562	

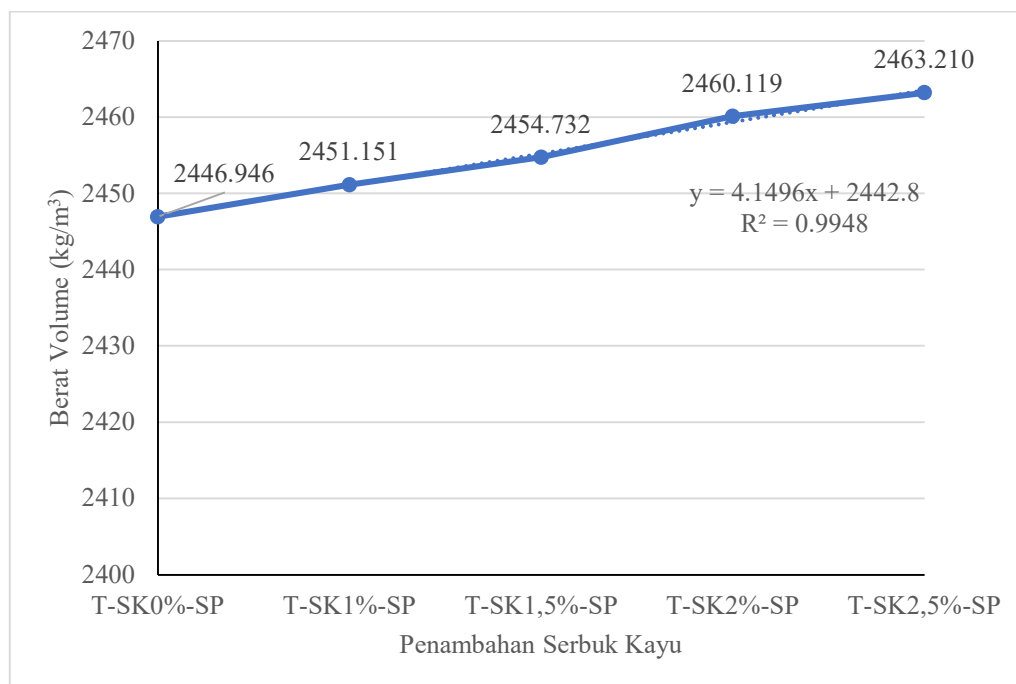
### 5.5.1 Hubungan Berat Volume Beton dengan Variasi Penambahan Serbuk Kayu

Berdasarkan hasil berat volume rata-rata Tabel 5.24 dan Tabel 5.25, didapatkan nilai berat volume pada beton serbuk kayu memiliki nilai penurunan terhadap berat volume normal dimana nilai berat volume normal sebesar  $2437,675 \text{ kg/m}^3$ . Sedangkan pada beton serbuk kayu dan *superplasticizer* memiliki kenaikan terhadap beton normal dengan *superplasticizer* mempunyai nilai berat volume beton normal yaitu sebesar  $2446,946 \text{ kg/m}^3$ . Dari nilai beton normal didapatkan peningkatan nilai berat volume antara beton normal dengan beton normal dengan *superplasticizer* dengan persentase  $0,378 \%$  terhadap beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *superplasticizer* dalam campuran beton dapat meningkatkan nilai berat volume pada beton normal. Nilai-nilai tersebut dapat diplot menjadi grafik hubungan berat volume beton dengan kadar penambahan serbuk kayu kemudian juga terdapat grafik antara penambahan serbuk kayu dengan *superplasticizer* yang dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 sebagai berikut.



**Gambar 5.10 Hubungan Berat Volume Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu Jati**





**Gambar 5.11 Hubungan Berat Volume Beton dan Penambahan Serbuk Kayu Jati serta *Superplasticizer* 0,6%**

**Tabel 5.26 Persentase Perubahan Berat Volume Kadar Variasi Serbuk Kayu Terhadap Berat Volume Beton Normal**

Variasi Kadar Serbuk Kayu	Persentase Perubahan Berat Volume Beton(%)	
	Tanpa <i>Superplasticizer</i>	<i>Superplasticizer</i>
1%	-0,48	0,17
1,5%	-2,08	0,32
2%	-1,33	0,54
2,5%	-3,53	0,66

Berdasarkan grafik hubungan antara berat volume beton rata-rata dengan persentase serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* atau tanpa penambahan *superplasticizer* di atas, didapatkan besar nilai koefisien korelasi pada serbuk kayu tanpa penambahan *superplasticizer* sebesar 0,9626 serta untuk nilai koefisien korelasi dengan menggunakan penambahan *superplasticizer* adalah sebesar 0,9948. Pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 di atas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ). Nilai ini berpengaruh pada tingkat

hubungan antara dua variabel, yaitu berat volume beton dengan kadar serbuk kayu dan serbuk kayu dengan *superplasticizer*. Dalam Tabel 3.6 menyebutkan untuk nilai koefisien korelasi berkisar antara 0,80 – 1 memiliki tingkat hubungan sangat kuat. Dalam penelitian dapat diambil kesimpulan pada koefisien ini masuk dalam tingkat hubungan sangat kuat. Penambahan beton serbuk kayu memiliki nilai berat volume tertinggi yaitu sebesar 2426,069 kg/m<sup>3</sup> sedangkan berat volume terendah sebesar 2354,458 kg/m<sup>3</sup> di mana pada penelitian mengenai beton dengan penambahan serbuk kayu ini terjadi penurunan berat volume. Berdasarkan penelitian Argo (2018), berat volume berkurang akibat penambahan serbuk gergaji yang disebabkan oleh berat volume serbuk gergaji yang lebih ringan dibandingkan material lainnya. Semakin banyaknya penambahan serbuk gergaji maka material lainnya pada beton akan digantikan oleh serbuk gergaji yang masuk ke dalam benda uji sehingga dengan demikian berat volume akan lebih ringan dibandingkan dengan beton normal. Selain itu, Ismeddiyanto (1998) juga menyebutkan bahwa adanya sifat serbuk yang mengalami penyusutan setelah kandungan air yang ada dalam ruang antar sel dan dinding sel menguap, dapat mengakibatkan adanya rongga-rongga udara pada permukaan butiran serbuk kayu. Menurut Tjokromuldjo (1996) menyebutkan bahwa dengan rongga udara memiliki kepadatan kurang sehingga, berat volume beton menjadi menurun. Sedangkan pada beton variasi serbuk kayu dengan *superplasticizer* mengalami peningkatan pada berat volume. Berat beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* terendah dan tertinggi didapatkan 2451, 151 kg/m<sup>3</sup> dan 2463,210 kg/m<sup>3</sup>. *Product Data Sika 3115 N* (2023) menjelaskan bahwa kegunaan dari *superplasticizer* Sika *Visco Crete 3115 N* adalah untuk mendapatkan beton kedap air dan menghasilkan nilai kuat tekan beton yang tinggi. Selanjutnya, Afif (2013) menyebutkan bahwa dikarenakan pengaruh dari bahan tambah *superplasticizer* memiliki sifat yang mampu mencegah masuknya udara ke dalam campuran beton sehingga beton memiliki tingkat kekedapan terhadap air yang dihasilkan semakin besar. Berat isi beton berpengaruh terhadap kepadatan beton. Semakin besar nilai berat isi maka semakin padat beton tersebut sehingga porositas beton akan berkurang (Dzikri, 2018).

## 5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian digunakan alat *Automax Pro-M*. Sampel silinder berjumlah digunakan dalam uji kuat tekan beton adalah berjumlah 50 sampel benda uji. Beton variasi penambahan serbuk kayu terdiri dari 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% terdiri dari 20 benda uji, kemudian pada beton variasi penambahan serbuk kayu terdiri dari 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan penambahan *superplasticizer* 0,6%. Sebelum pengujian dilakukan, terlebih dahulu dilakukan proses *capping* pada bagian permukaan atas beton menggunakan belerang. *Capping* bertujuan untuk meratakan permukaan beton agar beban dari *Automax Pro-M* terdistribusi secara merata pada permukaan beton. Pengujian dilakukan sampai benda uji hancur (*crack*), artinya benda uji tidak mampu menahan beban yang diberikan mesin uji. Kondisi ini ditandai dengan salah satu jarum dial beban yang turun sampai nilai beban sama dengan nol. Dalam penelitian ini dilakukan uji kuat tekan pada sampe silinder sebanyak 5 sampel per tiap variasi, sehingga total sampel uji tekan adalah sebanyak 50 silinder. Berikut contoh perhitungan kuat tekan pada tiap variasi.

1. Kuat Tekan Beton Normal

$$\begin{aligned} f^{\prime}c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{451,45 \times 1000}{17687,17} \\ &= 25,52 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Kuat Tekan Beton Serbuk Kayu 1%

$$\begin{aligned} f^{\prime}c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{491,78 \times 1000}{17730,41} \\ &= 27,74 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dengan langkah di atas dapat didapatkan kuat tekan pada masing-masing variasi lainnya. Oleh karena itu didapatkan hasil rekapitulasi sebagai berikut yang dapat dilihat pada Tabel 5.26 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Kayu

Variasi Kadar Serbuk Kayu	Kadar SP	No. Sampel	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
0%	0%	1	150,067	17687,17	451,45	25,52	26,70
		2	150,667	17828,89	448,89	25,18	
		3	150,667	17828,89	478,82	26,86	
		4	150,167	17710,75	487,74	27,54	
		5	150,000	17671,46	501,48	28,38	
1%	0%	1	150,250	17730,41	491,78	27,74	26,82
		2	150,450	17777,65	455,43	25,62	
		3	150,550	17801,29	478,81	26,90	
		4	149,833	17632,21	489,59	27,77	
		5	150,067	17687,25	461,65	26,10	
1,5%	0%	1	150,067	17687,17	411,10	23,24	25,69
		2	150,333	17750,09	451,69	25,45	
		3	150,667	17828,89	484,85	27,19	
		4	150,167	17710,75	455,10	25,70	
		5	151,000	17907,86	481,60	26,89	

Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Kadar Serbuk Kayu	Kadar SP	No. Sampel	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
2%	0%	1	150,067	17687,17	433,69	24,52	24,76
		2	150,500	17789,46	450,92	25,35	
		3	150,333	17750,09	422,70	23,81	
		4	150,167	17710,75	419,86	23,71	
		5	150,267	17734,43	468,51	26,42	
2,5%	0%	1	150,433	17773,71	388,45	21,86	23,61
		2	150,367	17757,96	438,98	24,72	
		3	150,133	17702,89	398,88	22,53	
		4	150,167	17710,75	438,68	24,77	
		5	150,163	17709,89	428,38	24,19	

Tabel 5.28 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Kayu dengan Superplasticizer

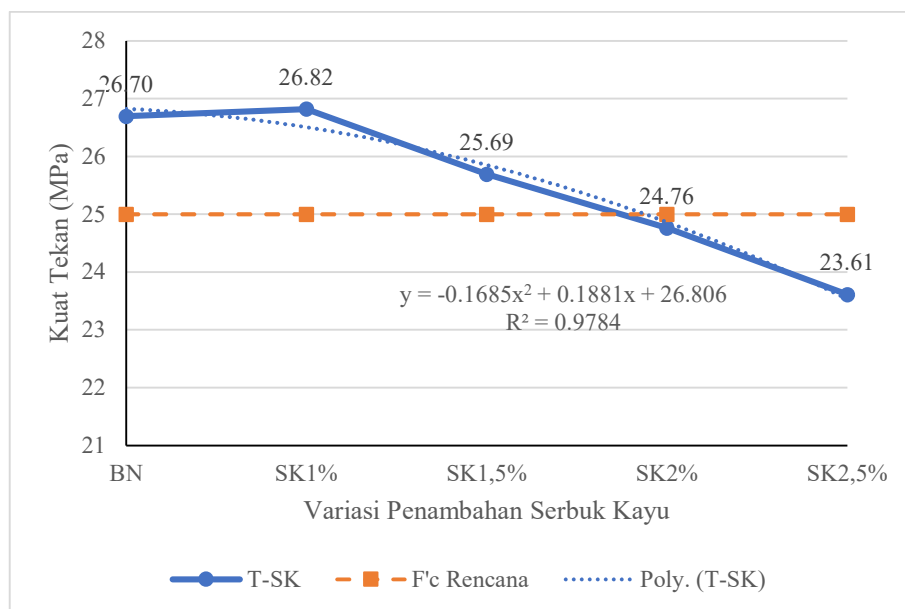
Variasi Kadar Serbuk Kayu	Kadar SP	No. Sampel	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
0%	0,6%	1	150,600	17813,11	498,33	27,98	28,53
		2	150,200	17718,61	525,90	29,68	
		3	150,600	17813,11	491,60	27,60	
		4	150,500	17789,46	535,48	30,10	
		5	150,800	17860,46	487,42	27,29	
1%	0,6%	1	150,167	17710,75	495,82	28,00	30,41
		2	150,400	17765,83	501,84	28,25	
		3	151,533	18034,59	597,23	33,12	
		4	150,400	17765,83	531,38	29,91	
		5	150,500	17789,46	583,08	32,78	
1,5%	0,6%	1	150,300	17742,22	644,89	36,35	32,44
		2	150,500	17789,46	566,96	31,87	
		3	150,433	17773,71	517,12	29,09	
		4	150,550	17801,29	632,37	35,52	
		5	150,367	17757,96	521,36	29,36	

Lanjutan Tabel 5.28 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Kayu dengan *Superplasticizer*

Variasi Kadar Serbuk Kayu	Kadar SP	No. Sampel	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
2%	0,6%	1	150,067	17687,17	648,43	36,66	34,37
		2	150,300	17742,22	632,37	35,64	
		3	150,217	17722,55	548,81	30,97	
		4	150,400	17765,83	561,60	31,61	
		5	150,467	17781,59	657,75	36,99	
2,5%	0,6%	1	150,400	17765,83	531,20	29,90	31,44
		2	150,850	17872,30	549,14	30,73	
		3	150,650	17824,94	532,01	29,85	
		4	150,133	17702,89	583,63	32,97	
		5	150,067	17687,17	597,31	33,77	

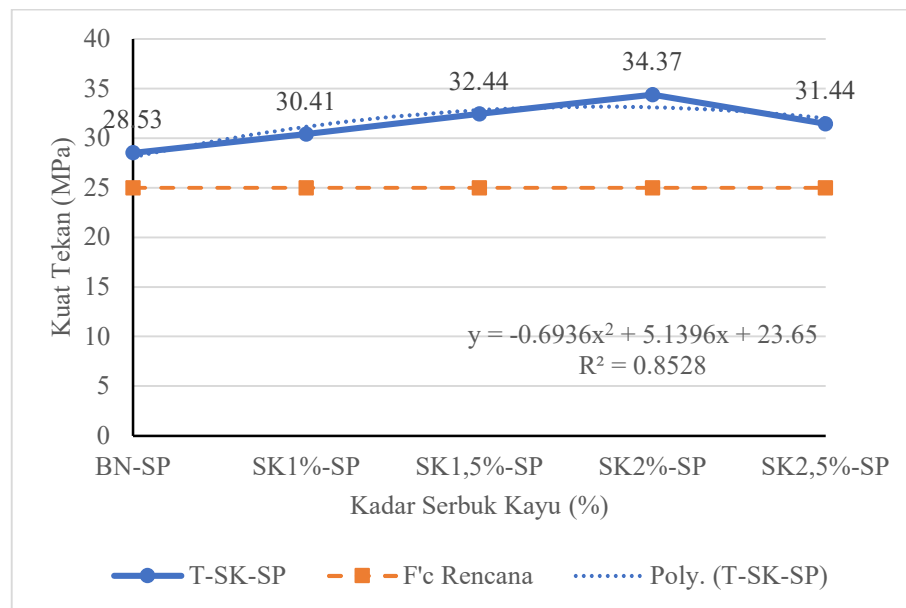
### 5.6.1 Grafik Kuat Tekan Beton dengan Variasi Penambahan Serbuk Kayu dan Beton dengan Variasi Penambahan Serbuk Kayu serta *Superplasticizer*

Berdasarkan hasil kuat tekan rata-rata pada Tabel 5.27 dan Tabel 5.28, didapatkan nilai kuat tekan beton ( $f'_c$ ) rata-rata pada beton normal sebesar 26,70 MPa dan 28,53 MPa untuk beton normal dengan *superplasticizer*. Didapatkan  $f'_c$  beton serbuk kayu dengan variasi sebanyak 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dengan secara berturut-turut sebesar 26,82 MPa, 25,69 MPa, 24,76 MPa, 23,61MPa. Kemudian nilai kuat tekan beton ( $f'_c$ ) rata-rata pada beton serbuk kayu variasi 1% ,1,5% 2%, dan 2,5% dengan *superplasticizer* 0,6% adalah berturut-turut sebesar 30,41 MPa, 32,44 MPa, 34,37 MPa, 31,44 MPa. Kemudian nilai-nilai tersebut dapat diplot menjadi grafik hubungan kuat tekan beton dengan kadar penambahan serbuk kayu dapat dilihat dalam Gambar 5.12 dan Gambar 5.13, Kemudian untuk hasil pada pengujian beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* 0,6% didapat nilai-nilai tersebut dapat diplot menjadi grafik hubungan kuat tekan beton dapat dilihat dalam Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 sebagai berikut.

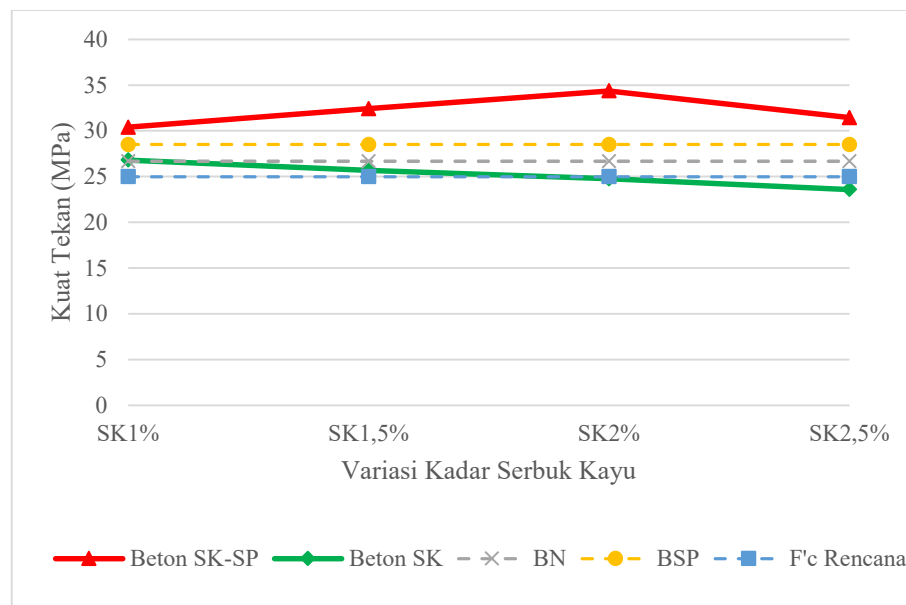


**Gambar 5.12 Hubungan Kuat Tekan dengan Variasi Penambahan Kadar Serbuk Kayu**





**Gambar 5.13 Hubungan Kuat Tekan dengan Variasi Penambahan Serbuk Kayu dan *Superplasticizer* 0,6%**



**Gambar 5. 14 Gabungan Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton**

Koefisien korelasi pada Gambar 5.12 menunjukkan angka sebesar 0,9784 pada Tabel 3.6 menunjukkan bahwa *range* korelasi 0,80 – 1,00 memiliki tingkat hubungan sangat kuat. Beton dengan penambahan serbuk kayu menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer*. Sedangkan, koefisien korelasi pada Gambar 5.13

menunjukkan angka sebesar 0,8528. Dalam Tabel 3.6 menunjukkan bahwa range korelasi 0,80 – 1,00 memiliki tingkat hubungan sangat kuat. Beton dengan penambahan serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton serbuk kayu.

**Tabel 5.29 Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu terhadap Beton Normal**

Variasi Serbuk Kayu	Persentase Kenaikan Kuat Tekan (%)
1%	0,48
1,5%	-3,89
2%	-7,81
2,5%	-13,05

**Tabel 5.30 Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu serta *Superplasticizer* terhadap Beton Normal**

Variasi Serbuk Kayu	Persentase Kenaikan Kuat Tekan (%)
1%	6,72
1,5%	13,48
2%	20,63
2,5%	10,34

Berdasarkan pada hasil perhitungan yang yang disajikan pada Tabel 5.26 dan pada Gambar 5.12 serta Gambar 5.13 di atas didapatkan nilai persentase pada Tabel 5.27 dan Tabel 5.28. Dari tabel di atas didapatkan nilai kuat tekan pada Beton Normal memiliki nilai sebesar 26,70 MPa sedangkan untuk beton normal dengan menggunakan *superplasticizer* memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,53 MPa didapatkan nilai persentase kenaikan pada beton normal sebesar 7,7% terhadap kuat beton normal. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan bahan tambah *superplastizer merk Sika ViscoCrete 3115 N* dapat meningkatkan kuat tekan pada beton. PT. Sika Indonesia mengklaim bahwa Sika ViscoCrete dapat meningkatkan nilai kuat tekan yang tinggi di mana Sika Viscocrete 3115 N bekerja melalui penyerapan pada permukaan partikel-partikel semen. Dalam penelitian ini variasi T-SK1% mengalami kenaikan sebesar 0,48% dari beton normal, kuat tekan rata-

rata beton dengan penambahan serbuk kayu yaitu sebesar 26,82 MPa. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ichwan (2023) bahwasannya penambahan serbuk kayu kamper sebanyak 1% terhadap agregat halus dapat menaikkan nilai kuat tekan beton terhadap beton normal dengan nilai kuat tekan beton normal sebesar 35,9 MPa serta nilai kuat tekan beton serbuk kayu kamper variasi 1% sebesar 36,9 MPa. Dalam penelitian yang dilakukan penambahan serbuk kayu berpengaruh dalam proses daya lekat antar partikel yang lebih baik ini dikarenakan adanya kandungan serat pada serbuk kayu yang semakin meningkatkan kuat tekan. Hal ini dibuktikan dengan serbuk kayu memiliki kandungan selulosa yang di mana kandungan tersebut dapat membentuk kalsium karbonat sebat zat perekat (*tobermorite*) dan apabila jika bereaksi dengan semen akan semakin merekatkan butir-butir agregat sehingga terbentuk massa yang kompak dan padat (Nurmawati, 2006). Pada penelitian mengenai beton dengan serbuk kayu dengan *superplasticizer* 0,6% menghasilkan kuat tekan rata-rata pada beton normal dengan *superplasticizer* 0,6% yaitu sebesar 28,53 MPa yang kemudian dijadikan *range* oleh penulis terhadap variasi beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* 0,6%. Disebutkan pada penelitian T-SK1%-SP memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 30,41 MPa dengan peningkatan persentase sebesar 13,48% kemudian pada variasi pengujian T-SK1,5%-SP dijelaskan memiliki nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 32,44 MPa atau terjadi peningkatan sebesar 13,48% dari kuat beton normal. Pada variasi T-SK2%-SP didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu dan *superplasticizer* 0,6% tertinggi yaitu sebesar 34,37 MPa, peningkatan kuat tekan rata-rata beton serbuk kayu dan *superplasticizer* 0,6% meningkat sebesar 20,63% terhadap kuat tekan beton normal. Terjadi kenaikan nilai kuat tekan beton serbuk kayu jati dengan *superplasticizer* merk Sika ViscoCrete 3115 N terhadap beton normal. Dijelaskan pada hasil penelitian S Hanize et al (2021) bahwasannya nilai kuat tekan hingga pada beton sebesar 506,79 kg/cm<sup>2</sup> (setara 49,699 MPa) untuk kadar tertinggi nilai kuat tekan pada kadar tertinggi dalam penelitiannya sebesar 1,5%. Kenaikan kuat tekan diakibatkan oleh penambahan *superplasticizer* dikarenakan pasta semen pada beton yang menggunakan *superplasticizer* lebih baik dalam mengikat agregat serta memperbaiki karakteristik kuat tekan dan tingkat

permeabilitas (Supit., dkk, 2019). Selain itu, menurut Rahmayanti (2019) peningkatan kuat tekan disebabkan oleh penggunaan *superplasticizer* dikarenakan penggunaan dari *superplasticizer* lebih baik dalam menyelimuti masing – masing agregat oleh karena itu tingkat homogenitas dalam beton keras lebih baik. Dalam pernyataan Law Tjiun Nie (2003) menyebutkan bahwa kandungan asam sulfonate dalam *superplasticizer* bisa meniadakan gaya permukaan pada komponen semen sehingga lebih menyebar yang menyebabkan air yang terikat pada unsur-unsur tersebut menghasilkan viskositas/kekentalan beton lebih rendah dengan tingkat pemadatan yang lebih tinggi. Pada variasi beton serbuk kayu T-SK1,5%, T-SK2% dan T-SK2,5% mengalami penurunan sebesar 25,69 MPa, 24,76 MPa dan 23,61 MPa, untuk variasi T-SK1,5% mengalami penurunan akan tetapi nilainya masih berada di atas mutu rencana yaitu 25 MPa sedangkan pada T-2% dan T-2,5% mengalami penurunan signifikan dengan nilai persentase sebesar -7,81% dan -13,05% terhadap beton normal serta tidak memenuhi mutu rencana. Sedangkan, pada beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* dengan variasi T-2,5%-SP mengalami penurunan, akan tetapi kuat tekan masih diatas beton normal yaitu sebesar 31,44 MPa. Penurunan kuat tekan beton dikarenakan beton serbuk kayu memiliki nilai serap terhadap air yang cukup tinggi hal tersebut mempengaruhi kekuatan beton karena adanya penguapan beton saat proses pengeringan beton. Penguapan air pada serbuk kayu ini menyebabkan adanya rongga – rongga karena adanya partikel air yang naik keatas permukaan beton sehingga akan menyebabkan beton memiliki nilai kuat tekan yang menurun. Penggunaan bahan tambah terlalu berlebih dapat mengurangi daya lekat antar partikel terhadap campuran beton, sehingga menyebabkan menjadi sebab turunnya kuat tekan beton itu sendiri. Dijelaskan oleh Trimurtinungrum (2018), pemakaian bahan tambah yang terlalu banyak juga dapat mengubah konsistensi dan *workability* beton, akibat beton terlalu kental dan sulit untuk dikerjakan serta sulit untuk dipadatkan. Dimana semakin banyak kandungan serbuk kayu jati yang ditambahkan dapat mempengaruhi kekuatan beton. Selain itu waktu pencampuran beton pada mixer yang terlalu lama mengakibatkan suhu pada campuran beton semakin meningkat dan beton menjadi homogen akan tetapi sulit dikerjakan (*workability*) (Riezka, 2018).

### 5.7 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan sistem pembebanan 2 titik pada benda uji balok dengan ukuran 15 cm 15 cm x 60 cm. Pengujian benda uji dilakukan ketika benda uji telah berumur 28 hari. Berdasarkan SNI – 4431 – 2011, sistem pembebanan 2 titik teletak pada 1/3 pada tumpuan memberikan beban tegak lurus sumbu benda uji hingga diperoleh beban maks yang mampu diterima oleh benda uji. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat lentur.

#### 1. Kuat Lentur Beton Normal (BN)

$$\begin{aligned} \text{flt} &= \frac{P \times L}{b \times h^2} \\ &= \frac{2825 \times 9,81 \times 450}{150,1 \times 150,4^2} \\ &= 3,673 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### 2. Kuat Lentur Beton Normal dan *Superplasticizer* 0,6%

$$\begin{aligned} \text{flt} &= \frac{P \times L}{b \times h^2} \\ &= \frac{2724 \times 9,81 \times 450}{150 \times 151^2} \\ &= 3,516 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### 3. Kuat Lentur Beton SK 1%

$$\begin{aligned} \text{flt} &= \frac{P \times L}{b \times h^2} \\ &= \frac{2800 \times 9,81 \times 450}{150,1 \times 150,4^2} \\ &= 3,641 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### 4. Kuat Lentur Beton SK 1% dan *Superplasticizer* 0,6%

$$\begin{aligned} \text{flt} &= \frac{P \times L}{b \times h^2} \\ &= \frac{2985 \times 9,81 \times 450}{151 \times 152^2} \\ &= 3,777 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dengan cara yang di atas maka nilai kuat lentur beton untuk varian lainnya adalah sebagai berikut. Berikut pengujian untuk kuat lentur dapat dilihat pada Tabel 5.31 pada halaman selanjutnya.

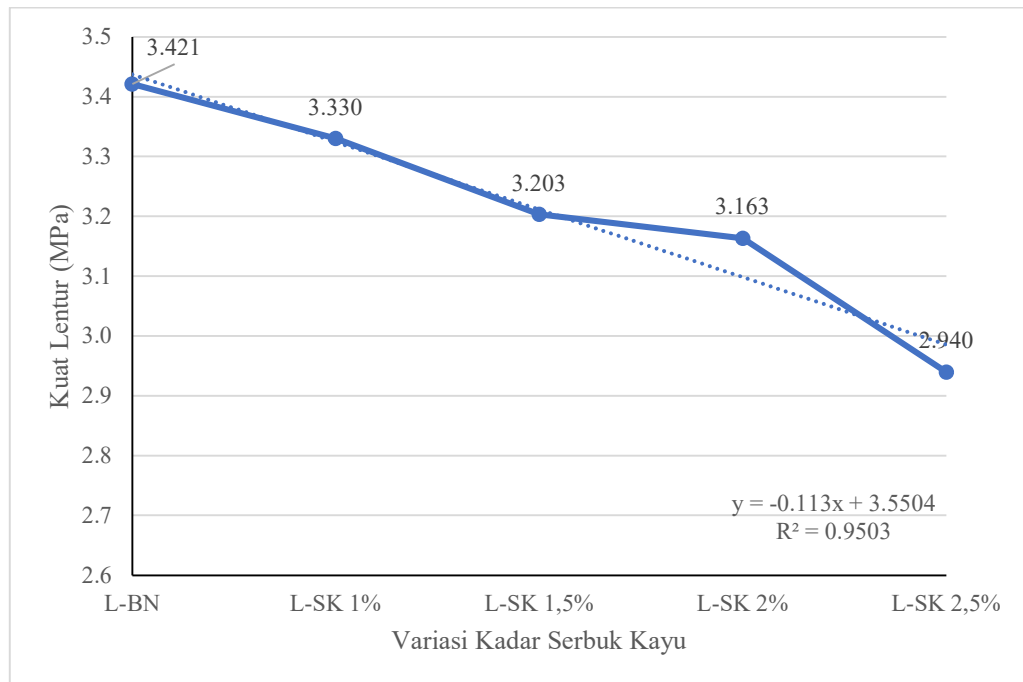
**Tabel 5.31 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Lentur**

Variasi (%)		Lebar Patah (mm)	Tinggi Patah (mm)	Jarak Bidang Patah (mm)	Berat Beton (kg)	Beban (kgf)	Kuat Lentur (MPa)	Rata - Rata
BN	L1	150,10	150,40	161,80	33,00	2825	3,673	3,421
	L2	150,00	150,30	160,40	30,20	2770	3,609	
	L3	150,60	150,40	158,20	33,20	2675	3,466	
	L4	150,10	150,40	159,60	32,00	2580	3,354	
	L5	150,10	150,40	160,30	33,00	2310	3,003	
BN+SP	L1	150,00	151,00	162,80	32,50	2724	3,516	3,530
	L2	150,00	150,00	163,50	32,00	2630	3,440	
	L3	151,00	151,00	172,40	33,00	2820	3,616	
	L4	150,00	150,00	170,20	32,40	2685	3,512	
	L5	150,00	150,00	171,80	32,50	2725	3,564	
SK 1%	L1	150,10	150,40	163,80	32,10	2800	3,641	3,330
	L2	150,00	150,30	164,20	32,50	2560	3,335	
	L3	150,60	150,40	165,20	32,20	2680	3,473	
	L4	150,10	150,40	167,20	31,80	2320	3,016	
	L5	150,10	150,40	161,50	32,40	2450	3,185	
SK 1,5%	L1	150,00	150,00	179,20	32,10	2420	3,165	3,203
	L2	150,00	150,00	181,20	32,50	2525	3,303	
	L3	149,00	150,00	180,20	32,40	2540	3,345	
	L4	152,00	151,00	165,20	31,80	2535	3,229	
	L5	151,00	152,00	162,10	32,40	2350	2,974	
SK 2%	L1	147,00	152,00	168,10	34,00	2660	3,457	3,163
	L2	150,00	154,00	171,20	32,00	2530	3,140	
	L3	150,00	152,00	174,10	31,50	2470	3,146	
	L4	152,00	155,00	174,80	32,10	2440	2,950	
	L5	152,00	150,00	173,70	33,00	2420	3,124	
SK 2,5%	L1	147,00	152,00	168,20	35,00	2300	2,990	2,940
	L2	150,00	154,00	178,10	31,00	2310	2,867	
	L3	150,00	152,00	174,20	33,00	2390	3,044	
	L4	152,00	155,00	175,30	33,00	2180	2,635	
	L5	152,00	150,00	174,70	30,20	2450	3,162	

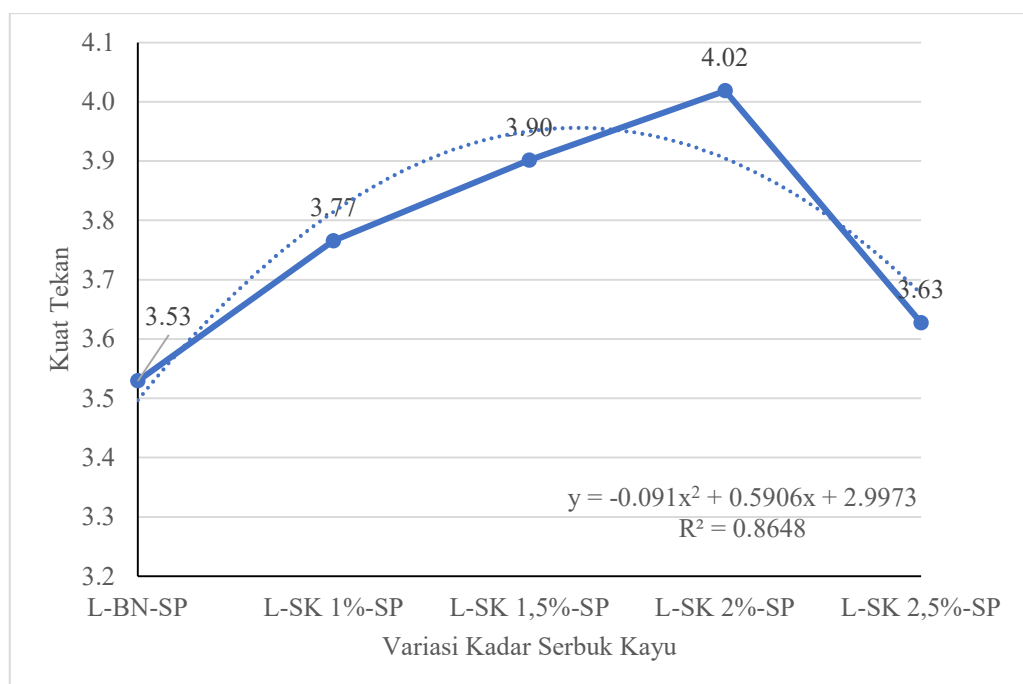
Lanjutan Tabel 5.31 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Lentur

Variasi (%)		Lebar Patah (mm)	Tinggi Patah (mm)	Jarak Bidang Patah (mm)	Berat Beton (kg)	Beban (kgf)	Kuat Lentur (MPa)	Rata - Rata
SK 1% +SP	L1	151,00	152,00	165,20	33,70	2985	3,777	3,766
	L2	150,00	152,00	158,20	33,50	2875	3,662	
	L3	152,00	151,00	168,30	33,00	2930	3,732	
	L4	151,00	152,00	169,20	32,20	3050	3,859	
	L5	150,00	149,00	165,20	32,40	2865	3,798	
SK 1,5%+ SP	L1	150,00	150,00	162,20	33,00	2990	3,911	3,902
	L2	150,00	150,00	165,10	32,30	3060	4,002	
	L3	149,00	150,00	170,80	32,00	2910	3,832	
	L4	152,00	151,00	167,80	33,00	3075	3,917	
	L5	151,00	152,00	166,50	34,00	3040	3,847	
SK 2% + SP	L1	147,00	152,00	178,80	34,00	3130	4,068	4,019
	L2	150,00	154,00	176,90	32,40	3270	4,058	
	L3	150,00	152,00	165,20	33,80	3150	4,012	
	L4	152,00	155,00	166,10	33,30	3195	3,862	
	L5	152,00	150,00	161,20	33,00	3170	4,092	
SK 2,5% + SP	L1	147,00	152,00	161,50	33,60	2810	3,652	3,628
	L2	150,00	154,00	168,10	32,80	2850	3,537	
	L3	150,00	152,00	172,60	33,00	2920	3,720	
	L4	152,00	155,00	166,40	34,00	2980	3,602	
	L5	152,00	150,00	178,10	33,80	2810	3,627	

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan grafik yang menggambarkan pengaruh beton penambahan serbuk kayu dan beton dengan penambahan serbuk kayu serta *superplasticizer* 0,6% terhadap kuat lentur beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 pada halaman selanjutnya.



**Gambar 5.15 Hasil Pengujian Kuat Lentur Penambahan Serbuk Kayu**



**Gambar 5.16 Hasil Pengujian Kuat Lentur Penambahan Serbuk Kayu dan Superplasticizer 0,6%**

Berdasarkan Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 di atas dapat didapatkan bahwa sampel uji mengalami peningkatan dan penurunan pada hasil pengujian nilai kuat



lentur betonnya, berikut adalah penjabaran mengenai hasil pengujian kuat lentur beton.

- a. Benda uji beton normal (BN) memiliki nilai kuat lentur rata-rata sebesar 3,421 MPa.
- b. Benda uji beton serbuk kayu dengan variasi L-SK1% memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 3,30 MPa, dengan persentase penurunan sebesar -2,66% dari kuat lentur beton normal. Selanjutnya, pada beton serbuk kayu dengan variasi L-SK1,5% mempunyai nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 3,203 MPa, atau mengalami penurunan sebesar -6,38% dari beton normal. Benda uji beton serbuk kayu dengan variasi L-SK2% mempunyai nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 3,163 MPa, dimana beton serbuk kayu dengan variasi tersebut mengalami penurunan dengan persentase -7,54 % dari kuat lentur beton normal. Kemudian pada beton serbuk kayu dengan mengalami penurunan yang cukup signifikan yang memiliki nilai sebesar 2,940 MPa, atau mengalami penurunan nilai kuat lentur rata-rata sebesar -16,38 MPa dari kuat beton normal.
- c. Benda uji beton dengan penambahan *superplasticizer* diasumsikan sebagai beton normal pada beton serbuk kayu dan *superplasticizer* 0,6% memiliki nilai kuat lentur rata-rata sebesar 3,53 MPa.
- d. Benda uji beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* 0,6% dengan variasi L-SK1%-SP mempunyai nilai kuat lentur rata-rata sebesar 3,766 MPa, dengan kenaikan sebesar 6,69% dari nilai kuat lentur beton normal rata-rata.
- e. Benda uji beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* 0,6% dengan variasi L-SK1,5%-SP memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata sebesar 3,902 MPa, atau mempunyai kenaikan sebesar 10,543% dari kuat lentur beton normal rerata.
- f. Benda uji beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* 0,6% dengan variasi L-2%-SP memiliki nilai kuat lentur beton rata-rata tertinggi yaitu sebesar 4,019 MPa, atau memiliki kenaikan sebesar 13,853% dari kuat lentur beton normal.

- g. Benda uji beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* 0,6% dengan vari L-SK2,5%-SP memiliki nilai kuat lentur rata-rata sebesar 3,628 MPa dalam variasi ini mengalami penurunan tetapi masih di atas beton normal rata-rata dengan persentase nilai sebesar 2,777% dari beton-beton normal.
- h. Benda uji beton serbuk kayu pada Gambar 5.14 mempunyai nilai koefisien korelasi sebesar 0,9671. Selanjutnya, pada Gambar 5.15 untuk beton dengan penambahan serbuk kayu serta *superplasticizer* 0,6% memiliki koefisien korelasi sebesar 0,8648. Dijelaskan pada Tabel 3.6 menjelaskan mengenai hubungan koefisien korelasi antara 0,80 – 1,00 memiliki hubungan yang sangat kuat.

Berdasarkan hasil kuat lentur beton dengan penambahan serbuk kayu dengan kadar variasi serbuk kayu 1%, 1,5%, 2% dan 2%. Didapatkan nilai kuat lentur pada beton dengan penambahan serbuk kayu mengalami penurunan kuat lentur terhadap beton normal pada tiap – tiap variasi, di mana disebutkan pada kuat lentur pada beton variasi L-SK2,5% memiliki nilai penurunan signifikan yaitu sebesar 2,940 MPa atau mengalami penurunan sebesar -16,38% dari kuat lentur beton normal. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jeremia (2023) dimana semakin banyak variasi serbuk kayu ditambahkan maka nilai kuat lentur akan mengalami penurunan. Dalam penelitian Irlando (2018) disebutkan penurunan pada kekuatan beton disebabkan oleh penambahan serbuk kayu jati dalam jumlah banyak dapat menukar posisi dari agregat halus dan agregat kasar. Posisi yang digantikan oleh serbuk kayu terhadap agregat halus menjadi bagian yang lemah karena serbuk kayu jati memiliki kemampuan yang rendah dalam menahan gaya tegak lurus yang didapat oleh mesin dari pada agregat lain. Kemudian penambahan serbuk kayu jati mempunyai sifat menyerap terhadap air bila serbuk kayu terlalu banyak dalam menyerap air maka akan mengganggu reaksi pencampuran pasta semen serta melemahkan kekuatan ikat pasta semen sehingga tidak dapat menyelimuti material lainnya. Selain itu, serbuk kayu yang menyerap air banyak akan berpengaruh pada proses penguapan air karena dapat menyebabkan adanya rongga-rongga pada beton dan mengakibatkan penurunan kekuatan beton. Selanjutnya, dalam beberapa

penelitian lain juga menyebutkan bahwa nilai kuat lentur beton semakin turun diakibatkan oleh adanya penambahan bahan tambah serbuk kayu yang berlebih sebagai substitusi terhadap agregat halus. Sedangkan, pada beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* didapatkan nilai kuat lentur beton mengalami peningkatan. Didapatkan nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada variasi L-SK2%-SP dengan nilai kuat lentur beton sebesar 4,02 MPa, atau mempunyai nilai kenaikan 13,853% terhadap beton normal. Pada variasi beton L-SK2,5%-SP mengalami penurunan namun dihasilkan nilai kuat lentur pada masih lebih besar dari pada nilai kuat lentur pada beton normal dengan hasil kuat lentur sebesar 3,63 MPa atau mempunyai peningkatan kuat lentur beton rata-rata sebesar 2,77% dari nilai beton normal. Peningkatan yang terjadi disebabkan karena serbuk kayu jati yang menyerap pasta semen sampai partikel serbuk, sehingga semen dapat bereaksi dengan selulosa yang terdapat pada serbuk kayu, maka didapatkan hasil zat perekat sehingga dapat menambah daya ikat antar campuran beton. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa penggunaan serbuk kayu terhadap kuat lentur mengalami kenaikan terhadap beton normal (Risal, 2019). Selain itu, penelitian Suryani (2018) dimana terjadi peningkatan nilai kuat lentur pada beton dengan *superplasticizer* terhadap beton tanpa *superplasticizer* didapatkan peningkatan pada uji balok sebesar 3,36%. Peningkatan dari nilai kuat lentur ini juga dipengaruhi oleh adanya *superplasticizer* mempunyai sifat yaitu kedap air, hal ini ditunjukkan *superplasticizer* mampu untuk mencegah masuknya udara kedalam campuran beton sehingga kekedapan terhadap air yang dihasilkan semakin besar (Afif, 2013). Selain itu penggunaan *superplasticizer* mampu mereduksi penggunaan atau pemakaian air, sehingga dapat menghasilkan beton yang homogen dengan tingkat kepadatan yang tinggi dan meningkatkan kekuatan mutu beton pada umur yang direncanakan selama proses perawatan beton, kemudian memiliki kemampuan mengalir yang cukup tinggi sehingga pada proses pemadatan akan jauh lebih mudah dan meningkatkan ikatan antar semen (Faqihudin, 2021). Namun penambahan *superplasticizer* ini perlu diperhatikan karena jika terlalu banyak menggunakan *superplasticizer* dapat menyebabkan pasta semen mengalir ke bagian bawah (Ramkrishnan et al., 2018).

Dari hasil kuat nilai kuat lentur dan kuat tekan diketahui korelasi antara keduanya, yaitu dengan menggunakan perhitungan korelasi seperti pada Tabel 5.33. Berikut adalah contoh perhitungan nilai korelasi antara kuat lentur dengan kuat tekan pada salah satu sampel yaitu Beton Normal.

1. Beton Normal

$$\text{Kuat tekan rata-rata (f'c)} = 26,70 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat lentur rata-rata (fr)} = 3,421 \text{ MPa}$$

Didapatkan nilai korelasi dari  $\frac{fr}{\sqrt{f'c}}$

$$\begin{aligned} \sqrt{f'c} &= \sqrt{26,70} \\ &= 5,17 \end{aligned}$$

$$fr = K\sqrt{26,70}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{fr}{\sqrt{f'c}} \\ &= \frac{3,421}{5,17} \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

2. Beton Normal *superplasticizer*%

$$\text{Kuat tekan rata-rata (f'c)} = 28,53 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat lentur rata-rata (fr)} = 3,530 \text{ MPa}$$

Didapatkan nilai korelasi dari  $\frac{fr}{\sqrt{f'c}}$

$$\begin{aligned} \sqrt{f'c} &= \sqrt{28,53} \\ &= 5,34 \end{aligned}$$

$$fr = K\sqrt{28,53}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{fr}{\sqrt{f'c}} \\ &= \frac{3,53}{5,34} \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

3. Perhitungan hasil persentase variasi kuat lentur beton rata-rata terhadap kuat lentur beton normal rata-rata didapatkan persentase dari:

$$\text{Persentase (\%)}: \left( \frac{\text{kuat lentur beton variasi} - \text{kuat lentur beton normal}}{\text{kuat lentur beton normal}} \right) \times 100 \%$$

Beton serbuk kayu variasi L-SK1%

$$\text{Persentase (\%)}: \left( \frac{3,33 - 3,421}{3,421} \right) \times 100 \% = -2,66 \%$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan cara yang sama pada tiap variasi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut.

**Tabel 5.32 Perbandingan Kuat Lentur terhadap Kuat Tekan Beton Normal**

Variasi	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Persentase kuat lentur (%)	$\sqrt{f'c}$	$K\sqrt{f'c}$
BN	3,421	26,70	-	5,17	0,66
BN + SP	3,530	28,53	-	5,34	0,66
SK 1%	3,330	26,82	-2,66	5,18	0,64
SK 1,5%	3,203	25,69	-6,38	5,07	0,63
SK 2%	3,163	24,76	-7,54	4,98	0,64
SK 2,5%	2,940	23,61	-16,38	4,86	0,60
SK 1% + SP	3,766	30,41	6,690	5,51	0,68
SK 1,5% + SP	3,902	32,44	10,543	5,70	0,69
SK 2% + SP	4,019	34,37	13,853	5,86	0,69
SK 2,5% + SP	3,628	31,44	2,777	5,61	0,65

Berdasarkan Tabel 5.30 maka didapatkan hasil persentase nilai kuat lentur tertinggi terhadap beton normal pada beton serbuk kayu variasi L-SK1% memiliki nilai persentase sebesar -2,66% terhadap beton normal. Selanjutnya, untuk nilai optimum pada beton dengan penambahan serbuk kayu serta *superplasticizer* 0,6% mempunyai nilai persentase sebesar 13,853% terhadap beton normal dengan penambahan *superplasticizer* 0,6%. Sedangkan korelasi kuat lentur beton normal dengan kuat tekan beton normal pada tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.33 berikut.

**Tabel 5.33 Korelasi Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton Normal**

Variasi	Korelasi ke kuat lentur
BN	$f_r = 0,66 \sqrt{f'c}$
BN + SP	$f_r = 0,66 \sqrt{f'c}$
SK 1%	$f_r = 0,64 \sqrt{f'c}$
SK 1,5%	$f_r = 0,63 \sqrt{f'c}$

**Lanjutan Tabel 5.33 Korelasi Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton Normal**

Variasi	Korelasi ke kuat lentur
SK 2%	$f_r = 0,64 \sqrt{f'_c}$
SK 2,5%	$f_r = 0,60 \sqrt{f'_c}$
SK 1% + SP	$f_r = 0,68 \sqrt{f'_c}$
SK 1,5% + SP	$f_r = 0,69 \sqrt{f'_c}$
SK 2% + SP	$f_r = 0,69 \sqrt{f'_c}$
SK 2,5% + SP	$f_r = 0,65 \sqrt{f'_c}$

Dari Tabel 5.33 didapatkan nilai  $f_r$  pada tiap variasi beton berkisar antara 0,60 sampai 0,69. Dalam SNI 2847 – 2019 bahwa kekuatan lentur beton setara dengan  $0,62 \sqrt{f'_c}$ . Didapatkan selisih antara ketentuan dari SNI terhadap hasil penelitian yang dilakukan pada beton dengan serbuk kayu variasi L-SK1%, L-SK1,5%, L-SK2%, L-SK2,5% secara berturut-turut sebesar  $0,64 \sqrt{f'_c}$ ,  $0,63 \sqrt{f'_c}$ ,  $0,64 \sqrt{f'_c}$ ,  $0,60 \sqrt{f'_c}$ . Selanjutnya pada beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* 0,6% didapatkan pula selisih antara beton normal dengan penambahan *superplaticizer* 0,6% yaitu sebesar  $0,68 \sqrt{f'_c}$ ,  $0,69 \sqrt{f'_c}$ ,  $0,69 \sqrt{f'_c}$ ,  $0,65 \sqrt{f'_c}$ .

## 5.8 Hasil Pengujian Absorpsi Beton

Pengujian absorpsi dilakukan dengan memasukkan sampel kubus pada oven selama 24 jam dengan suhu  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . Setelah itu sampel ditimbang dalam kondisi kering oven. Kemudian, sampel dimasukkan dalam bak perendaman selama 48 jam selanjutnya sampel dikeluarkan dari perendaman dan dikeringkan menggunakan kain kering untuk menghilangkan kelembapan permukaannya. Dalam keadaan kering permukaan, sampel ditimbang. Adapun perhitungan absorpsi beton adalah sebagai berikut.

1. Absorpsi beton normal

$$\begin{aligned}
 P_A &= \frac{B-A}{A} \times 100 \\
 &= \frac{8,105-7,691}{7,691} \times 100 \\
 &= 5,38\%
 \end{aligned}$$

2. Absorpsi beton normal dengan *superplasticizer* 0,6%

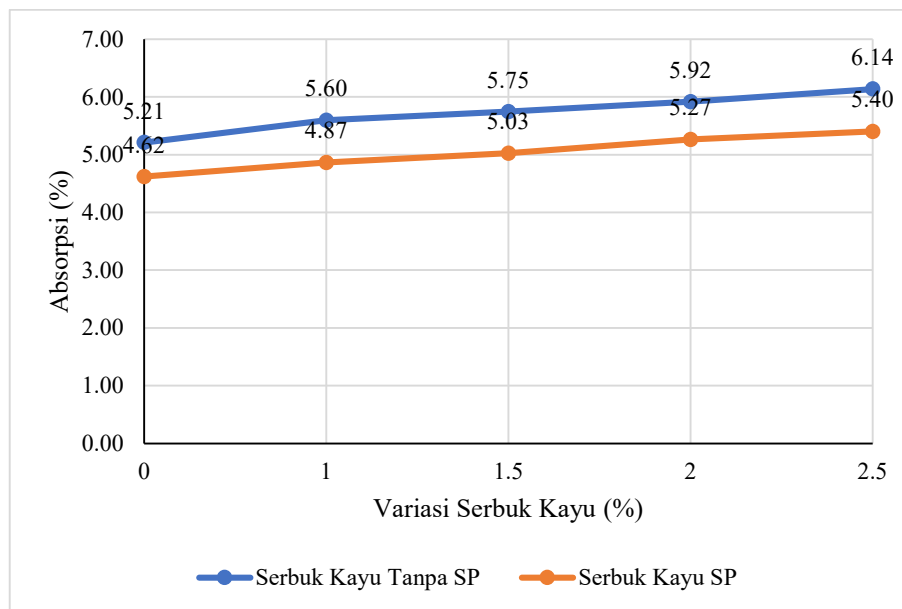
$$\begin{aligned}
 P_A &= \frac{B-A}{A} \times 100 \\
 &= \frac{8,226-7,864}{7,864} \times 100 \\
 &= 4,62\%
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dihitung sama dihitung pula absorpsi beton untuk sampel-sampel variasi lainnya, sehingga diperoleh rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

**Tabel 5.34 Rekapitulasi Hasil Pengujian Absorpsi Beton**

Variasi Kadar Serbuk Kayu	Kadar <i>Superplasticizer</i>	No. Sampel	Berat Kering Oven (kg)	Berat Kering Permukaan (kg)	Absorpsi (%)	Absorpsi Rerata (%)
0%	0 %	1	7,691	8,105	5,38	5,21
		2	7,615	7,999	5,04	
1%		1	7,723	8,179	5,90	5,60
		2	7,621	8,024	5,29	
1,5%		1	7,81	8,299	6,26	5,75
		2	7,799	8,207	5,23	
2%		1	7,713	8,239	6,82	5,92
		2	7,651	8,035	5,02	
2,5%		1	7,598	8,122	6,90	6,14
		2	7,604	8,013	5,38	
0%	0,6%	1	7,864	8,226	4,60	4,62
		2	7,892	8,258	4,64	
1%		1	7,881	8,252	4,71	4,87
		2	7,944	8,343	5,02	
1,5%		1	7,817	8,215	5,09	5,03
		2	7,737	8,121	4,96	
2%		1	7,571	7,98	5,40	5,27
		2	7,622	8,013	5,13	
2,5%		1	7,563	7,939	4,97	5,40
		2	7,592	8,035	5,84	

Berdasarkan Tabel 5.34 maka dapat dibuat grafik perbandingan antara serbuk kayu dan serbuk kayu menggunakan SP seperti gambar di bawah ini.

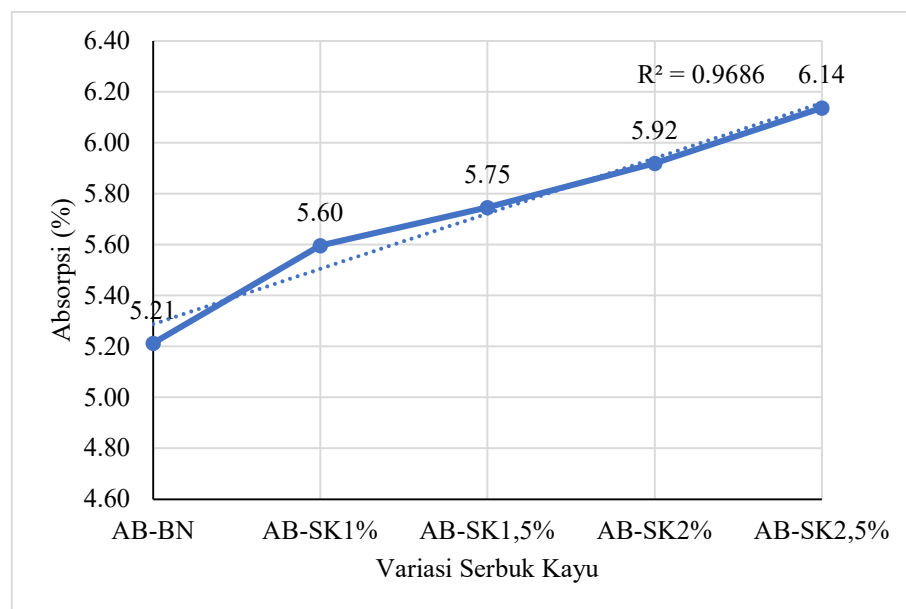


**Gambar 5.17 Perbandingan Tingkat Absorpsi Beton dengan Serbuk Kayu dan Beton Serbuk Kayu menggunakan Superplasticizer 0,6%**

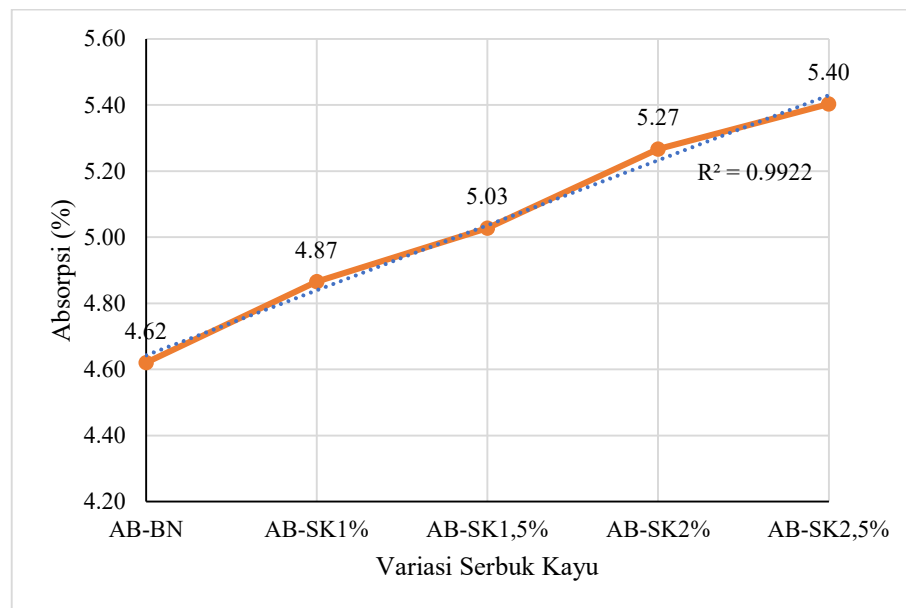
Dalam Tabel 5.34 dan Gambar 5.16 di atas, didapatkan angka absorpsi beton serbuk kayu pada variasi L-SK1%, L-SK1,5%, L-SK2%, L-SK2,5% secara berturut-turut adalah sebagai berikut 5,6%, 5,75%, 5,92%, 6,14%. Sedangkan, pada beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* 0,6% pada variasi L-SK1%-SP, L-SK1,5%-SP, L-SK2%-SP, L-SK2,5%-SP memiliki nilai persentase secara berturut-turut sebesar 4,62%, 4,87%, 5,03%, 5,27%, 5,40%. Dalam penelitian hasil uji absorpsi yang dilakukan oleh penulis sesuai dengan penelitian yang dilakukan Mardhyah (2022), menyebutkan bahwa absorpsi beton dengan serbuk kayu memiliki daya serap yang tinggi, oleh karena itu semakin bertambahnya persentase serbuk kayu maka semakin besar penyerapan terjadi. Nilai absorpsi yang lebih besar ini merupakan sifat dari serbuk kayu itu sendiri yang memiliki daya serap terhadap air lebih tinggi daripada pasir biasa, kemudian air dapat lebih banyak menembus ke dalam pori-porinya. Penyerapan air yang tinggi juga memperlihatkan kemungkinan bahwa beton terdapat rongga, di mana rongga tersebut terbentuk oleh adanya penguapan oleh air yang terdapat pada partikel beton



yang mengakibatkan beton mengalami penyusutan. Penyusutan mengakibatkan terbentuknya rongga-rongga udara terhadap permukaan serbuk kayu jati sehingga menyebabkan beton berpori serta akan memiliki daya serap tinggi. Penggunaan bahan tambah *superplasticizer* dapat mengurangi tingkat absorpsi pada beton daripada beton tanpa menggunakan *superplasticizer* (Rakha, 2018). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah oleh penulis di mana beton serbuk kayu memiliki nilai absorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* 0,6% didapatkan selisih absorpsi secara berturut-turut sebesar 0,72%, 0,73%, 0,65%, dan 0,73%. Penurunan nilai absorpsi yang terjadi merupakan akibat dari reaksi kimia pada senyawa kimia Polycarboxylate (PCE) yang terdapat pada kandungan *superplasticizer*, reaksi senyawa kimia Polycarboxylate meningkatkan tingkat absorpsi bila tercampur dalam suatu zat (Deng et al, 2021). Didapatkan hubungan antara tingkat absorpsi pada beton serbuk kayu dan beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18 sebagai berikut.



**Gambar 5.18 Grafik Hubungan Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu terhadap Tingkat Absorpsi**



**Gambar 5.19 Grafik Hubungan Beton dengan Penambahan Serbuk Kayu serta Superplasticizer terhadap Tingkat Absorpsi**

Pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18 menyatakan bahwa korelasi antara penambahan *superplasticizer* dengan penurunan tingkat absorpsi adalah sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi pada beton serbuk kayu dan beton serbuk kayu menggunakan *superplasticizer* secara berturut turut yaitu 0,968 dan 0,992. Mengacu pada Tabel 3.6 dapat disimpulkan bahwa korelasi antara beton penambahan serbuk kayu dan beton dengan penambahan serbuk kayu serta *superplasticizer* 0,6% adalah sangat kuat. Dalam hal ini hubungan yang terjadi dapat ditafsirkan bahwasannya peningkatan kadar serbuk kayu dalam campuran beton akan mempengaruhi peningkatan penyerapan air yang terjadi.

### **5.9 Hubungan Berat Volume, Absorpsi Beton, Kuat Lentur Beton terhadap Kuat Tekan**

Dari hasil pengujian beton yang telah dilakukan, maka didapatkan analisis hubungan antar tiap-tiap pengujian tersebut dilakukan analisis hubungan antar tiap pengujian yang saling berkaitan. Berdasarkan hasil pengujian *slump*, berat volume, absorpsi, kuat lentur terhadap kuat tekan didapatkan hasil hubungannya terhadap kuat tekan seperti yang tertera pada Tabel 5.35 sebagai berikut.

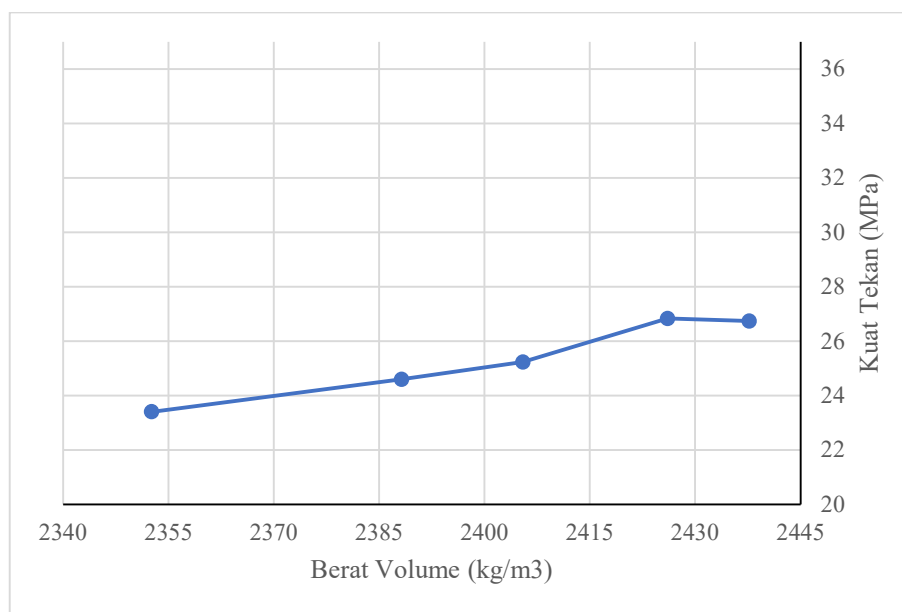
**Tabel 5.35 Rekapitulasi Hasil Rerata Seluruh Pengujian**

Kode Benda Uji	<i>Workability</i> (cm)	Berat Volume Rerata (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat Lentur Rerata (MPa)	Absorpsi Rerata (%)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
BN	10,75	2437,675	3,421	5,21	26,70
SK 1%	10,1	2426,069	3,330	5,75	26,82
SK 1,5%	9,4	2405,483	3,203	5,60	25,69
SK 2%	8,45	2388,211	3,163	5,92	24,76
SK 2,5%	8,1	2352,582	2,940	6,14	23,61
BN SP	11,9	2446,946	3,530	4,62	28,53
SK 1% - SP	11,35	2451,151	3,766	4,87	30,41
SK 1,5% - SP	10,6	2454,732	3,902	5,03	32,44
SK 2% - SP	10,4	2460,119	4,019	5,27	34,37
SK 2,5% - SP	10,1	2463,210	3,628	5,40	31,44

Tabel 5.35 di atas, menunjukkan bahwa adanya peningkatan *workability*. Hal tersebut ditandai dengan nilai beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* dihasilkan nilai *slump* lebih tinggi dari pada beton serbuk kayu. Oleh karena itu, semakin meningkatnya *workability* maka beton akan semakin mudah dikerjakan serta dipadatkan, pemadatan beton yang merata dan terpadatkan dengan baik akan dapat menghasilkan kekuatan beton yang baik. Dijelaskan dalam penelitian ini bahwa penambahan bahan tambah *superplasticizer* meningkatkan *workability* pada beton ini sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan di lapangan, di mana penggunaan Sika Viscocrete 3115 N dapat membantu menaikkan nilai *slump* sehingga beton segar lebih mudah dikerjakan dikarenakan dengan daya serap yang tinggi dari serbuk kayu sehingga beton memerlukan tambahan air dalam mengerjakannya. Selain itu didapatkan nilai pada kuat tekan beton dan kuat lentur beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* memiliki nilai yang lebih besar dari pada beton serbuk kayu. Selanjutnya didapatkan nilai berat volume beton serbuk kayu *superplasticizer* nilainya meningkat dan didapatkan nilai penurunan absorpsi oleh beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* merk Sika *Visco Crete* 3115N.

### 5.9.1 Analisis Hubungan Berat Volume dengan Kuat Tekan

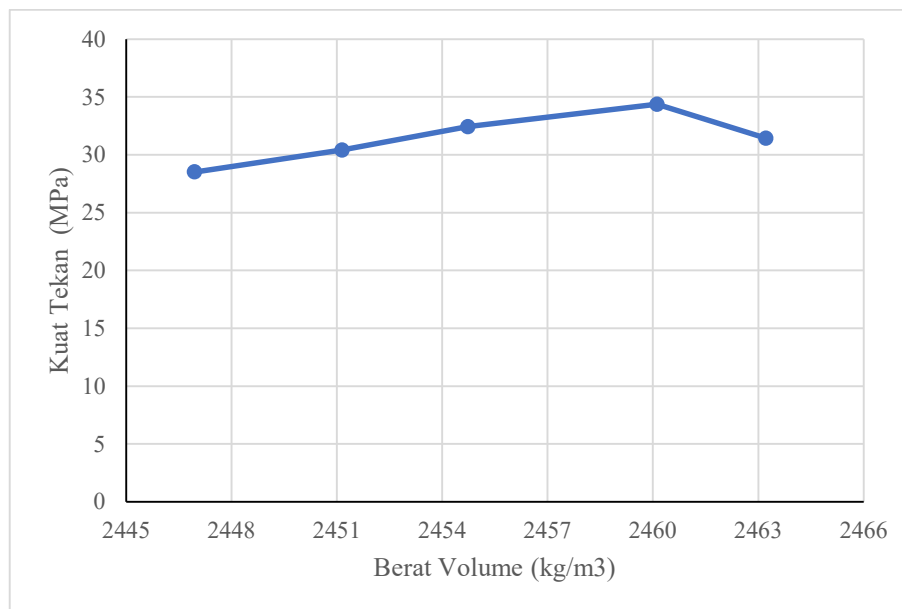
Untuk mempermudah pembahasan hubungan antara berat volume beton dengan kuat tekan beton dapat dilihat grafik pada Gambar 5.19 pada halaman berikut.



**Gambar 5.20 Berat Volume dan Kuat Tekan Serbuk Kayu**

Dalam penelitian beton dengan variasi serbuk kayu diperoleh seiring dengan penambahan serbuk kayu jati berat volume yang dihasilkan semakin kecil, namun pada penambahan serbuk kayu jati sebesar 1% kuat tekan yang dihasilkan mengalami peningkatan dari kuat tekan tanpa serbuk kayu jati padahal berat volume yang dihasilkan lebih kecil dari pada berat volume tanpa serbuk kayu jati. Terjadi anomali penelitian seperti yang telah dijelaskan di atas, di mana beton yang memiliki nilai berat volume yang tinggi maka memiliki nilai kepadatan tinggi yang membuat nilai kuat tekan tinggi namun dalam penelitian ini terjadi sebaliknya. Nilai berat volume yang lebih rendah dari pada beton tanpa bahan tambah disebabkan oleh material yang dipakai yaitu serbuk kayu dikarenakan serbuk kayu memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan dengan material lain pada beton. Jadi pada hal ini pada penambahan serbuk kayu jati pada kadar 1% memperkuat beton dari sisi kekuatan ikatan dengan material-material lainnya namun menurunkan nilai berat

volume beton. Murdock dan brook (1986) menyebutkan bahwa berat volume beton yang lebih ringan akan menghasilkan penurunan kekuatan pada kekuatan beton.



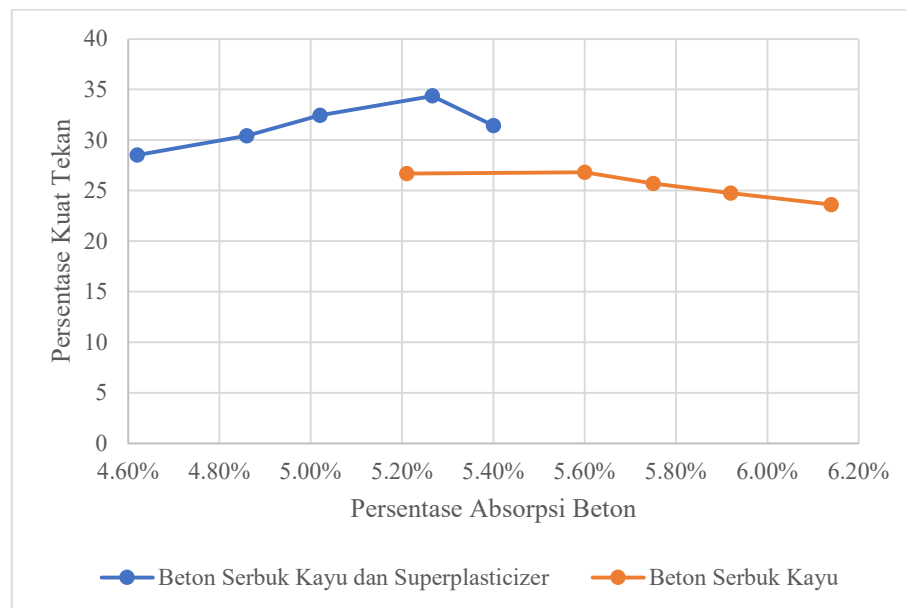
**Gambar 5.21 Berat Volume Beton dan Kuat Tekan Serbuk Kayu dengan *Superplasticizer***

Pada Gambar 5.21 didapatkan nilai berat volume pada beton serbuk kayu dengan penambahan *superplasticizer* semakin besar nilainya serta juga didapatkan nilai kuat tekan memiliki nilai peningkatan. Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume silinder beton. Tjokrodimuljo (1996), menjelaskan semakin tinggi kepadatan, maka berat volume beton semakin meningkat, atau sebaliknya dijelaskan bahwa semakin rendah kepadatan, maka berat volume beton juga semakin rendah. Dalam penelitian pada laboratorium didapatkan volume silinder dengan ukuran yang tetap apabila diperoleh berat silinder beton lebih besar maka berat volume beton akan lebih besar juga. Penggunaan bahan tambah *superplasticizer* pada beton serbuk kayu, dimaksudkan untuk menambah nilai kuat tekan serta memperbaiki nilai *workability* pada beton serbuk kayu. Pada prinsipnya kerja *superplasticizer* dapat larut dalam air dan dapat menghasilkan gaya tolak-menolak antar partikel semen agar tidak terjadi penggumpalan pada partikel semen yang dapat mengakibatkan adanya rongga

udara dalam beton serta beton mampu mengalir tanpa terjadinya segregasi dan bleeding yang biasa terjadi pada beton dengan jumlah air besar.

### 5.9.2 Analisis Hubungan Penyerapan Air terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan grafik hubungan antara nilai penyerapan air dan nilai kuat tekan yang disajikan pada Gambar 5.21 berikut ini.



**Gambar 5.22 Grafik Absorpsi dan Kuat Tekan Beton**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berat volume dan penyerapan air memiliki hubungan yang berbanding terbalik di mana semakin padat suatu beton, maka semakin sedikit ruang-ruang kosong yang menyebabkan semakin kecilnya penyerapan air. Teori menjelaskan bahwasannya semakin padat suatu beton maka nilai kuat tekan beton akan tinggi namun pada penelitian ini berlaku sebaliknya. Dalam penelitian ini dapat dilihat pada beton variasi AB-SK2%-SP memiliki nilai kuat tekan optimum tetapi memiliki nilai penyerapan air yang cukup kecil dibandingkan dengan beton serbuk kayu variasi AB-SK2%. Dikarenakan adanya penambahan serbuk kayu pada campuran beton maka nilai penyerapan air meningkat antar variasi, serbuk kayu sendiri memiliki daya serap yang tinggi terhadap air. Jadi pada penelitian yang sudah dilakukan terjadi sebuah perbedaan terhadap teori yang sudah dijelaskan. Hal ini mengacu pada Gambar 5.21 di mana

nilai kuat tekan mengalami peningkatan seiring dengan nilai penyerapan air yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan nilai *slump* pada pengujian di mana nilai *slump* mengalami kenaikan sehingga menyebabkan nilai kuat tekan naik. Serbuk kayu memiliki kandungan serat di dalamnya, sehingga pada saat pengikatan antar partikel bahan penyusun beton dapat menyatu dengan penambahan serbuk kayu serta *superplasticizer* 3115 N di mana didapatkan nilai tertinggi pengikatan antar partikel pada variasi tersebut.

### 5.9.3 Hasil Komparasi Peneliti dengan Peneliti Terdahulu

Berdasarkan dari hasil yang sudah didapatkan, digunakan komparasi antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitian terdahulu. Adapun penelitian terdahulu yang akan digunakan sebagai perbandingan pada penelitian ini adalah Jeremia (2023). Penelitian yang penulis lakukan terdapat perbedaan yaitu pada pembebanan beton serta dimensi benda uji, di mana yang ditinjau adalah kuat lentur beton terhadap dua titik pembebanan. Dalam komparasi karena terdapat benda uji dan bahan tambahan yang berbeda maka diambil dari perawatan beton.

**Tabel 5.36 Hasil Komparasi Peneliti dengan Peneliti Terdahulu**

Umur Beton	Persentase Penambahan	Hasil Nilai Kuat Lentur	
		Putra, 2024 (MPa)	Jeremia, 2023 (MPa)
28 Hari	0%	3,421	5,13
	1%	3,330	4,41
	1,5%	3,203	-
	2%	3,163	-
	2,5%	2,940	3,87
	5%	-	3,29

Hasil analisis penelitian menyebutkan bahwa nilai kuat lentur pada perawatan 28 hari adalah sebesar 3,421 MPa sedangkan pada penelitian sebelumnya yaitu sebesar 5,14 MPa pada beton SK 0%, kemudian dijelaskan pula untuk nilai beton SK1% yang dilakukan penulis sebesar 3,330 MPa sedangkan pada penelitian

sebelumnya adalah 4,41 MPa. Untuk Beton SK2,5% yang telah dilakukan oleh penulis memiliki nilai sebesar 2,940 MPa, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya pada beton SK2,5% memiliki nilai kuat lentur sebesar 3,87 MPa. Dari kedua penelitian maka dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk kayu terhadap kuat lentur beton dan nilai kuat tekan beton berhubungan yang mana nilai dari kuat tekan dan kuat lentur keduanya memiliki penurunan terhadap nilai kuat beton normal.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian, analisis data dan pembahasan pada narasi di atas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur yang dilakukan dijelaskan kesimpulan sebagai berikut.
  - a. Dalam penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa beton dengan penambahan serbuk kayu jati serta *superplasticizer* 0,6% Sika ViscoCrete 3115 N sebagai bahan tambah terhadap beton normal berpengaruh dalam meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton. Hasil Pengujian kuat tekan beton pada tiap variasi menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* 0,6% meningkatkan kuat tekan beton. Data hasil pengujian kuat tekan beton pada variasi 0% untuk beton normal didapat nilai kuat tekan sebesar 28,53 MPa atau dengan persentase sebesar 7,77 %. Kemudian pada beton variasi memiliki nilai kuat tekan sebesar 30,14 MPa, 32,54 MPa, 34,37 MPa, 31,44 MPa. Persentase peningkatan penambahan serbuk kayu jati dengan *superplasticizer* 0,6% secara berturut-turut sebesar 6,72%, 13,48%, 20,63, 10,34%.
  - b. Pada pengujian kuat lentur beton serbuk kayu dengan *superplasticizer* 0,6% mengalami kenaikan pada nilai kuat lentur beton. Hasil pengujian kuat lentur beton menunjukkan nilai peningkatan pada beton yaitu sebesar memiliki nilai beton normal dengan *superplasticizer* 3,53 MPa. Hasil pengujian kuat lentur dengan variasi L-SK1%-SP, L-SK1,5%-SP, L-SK2%-SP, L-SK2,5%-SP memiliki nilai kuat lentur berturut turu sebesar 3,77 MPa, 3,90 MPa, 4,02MPa, 3,63 MPa. Persentase peningkatan kuat lentur dengan beton normal dan *supeplasticizer* sebesar 6,69%, 10,543%, 13,853%, dan 2,777%. Serta didapatkan nilai korelasi antara nilai kuat

tekan beton dan nilai kuat lentur beton pada tiap variasi adalah sebesar  $0,68 \sqrt{f'c}$ ,  $0,69 \sqrt{f'c}$ ,  $0,69 \sqrt{f'c}$ ,  $0,65 \sqrt{f'c}$ .

2. Penggunaan serbuk kayu dan *admixture superplasticizer viscocrete* 3115N sebanyak 0,6% dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton dan dapat memperbaiki nilai *slump* pada beton sehingga beton lebih mudah untuk dikerjakan. Kuat tekan optimum yang cukup signifikan diperoleh pada variasi T-SK2%-SP dengan nilai kuat tekan sebesar 34,37 MPa. Sedangkan pada nilai kuat lentur variasi L-SK2%- SP didapatkan nilai tertinggi dalam pengujian yaitu sebesar 4,02 MPa. Pada pengujian kuat tekan dan kuat lentur berbanding lurus di mana terjadi kenaikan pada pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

## 6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang sudah diuraikan di atas, maka dapat diambil saran bagi penelitian selanjutnya demi mengembangkan ilmu pengetahuan yang lebih luas. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan serbuk kayu dan *superplasticizer* dengan mutu rencana lain serta pengujian lain seperti modulus elastisitas dan kuat tarik belah.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bahan tambah *superplasticizer* dengan kadar yang berbeda namun tetap mencari kadar yang paling optimum digunakan untuk beton normal.
3. Pengurangan air sebesar 30% sesuai klaim dari *product data sheet* Sika *viscocrete* 3115N dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya untuk keefektifan penggunaan *superplasticizer* pada beton normal ataupun beton dengan serbuk kayu dengan variasi persentase di atas 0,6%.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. 1982. State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete, Report: ACI 544 IR-82. American Concrete Institute. Farmington Hills.
- Aini, P. N., Roestaman, R., & Walujodjati, E. (2021). Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus dalam Campuran Beton dengan Bahan Tambah Superplasticizer. *Jurnal Konstruksi*, 19(1), 169–178. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-1.902>
- Aji, P dan Purwono R. 2010. *Pengendalian Mutu Beton Sesuai SNI, ACI dan ASTM*. 1. ITS Press. Surabaya.
- Antoni, Nugraha P. 2007. *Teknologi Beton: Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. First Ed. Andi. Yogyakarta.
- ASTM C-150. 1985. *Standard Specification for Portland Cement*. American Society for Testing and Material. USA.
- ASTM C-33. 2003. *Standard Specification for Concrete Aggregates*, American Society for Testing and Material. USA.
- ASTM C-94. 2009. *Standard Specification for Ready Mix Concrete*, American Society for Testing and Material. USA.
- ASTM C-494. 2022. *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*, American Society for Testing and Material. USA.
- Cahyo, H D. 2023. *Pengaruh Penggunaan Sikacim Concrete Additive Terhadap Sifat Mekanis Dan Sifat Fisik Beton Dengan Abu Serbuk Kayu Sonokeling Sebagai Substitusi Parsial Semen*.
- Dady, Y. T., Sumajouw, M. D. J., Windah, R. S. (2015). Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
- Darmiyanti, L., Pribadi, G., & Rodji, A. P. (2021). Penambahan Serbuk Kayu Kamper terhadap Kuat Tekan Beton. *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 9(2), 85–92.

- Deng Z, et al. 2021. Investigation of the Behavior and Mechanism of Action of Ether-Based Polycarboxylate Superplasticizers Absorption on Large Bibulous Stone Powder. School of Resources and Environmental Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai, China.
- Dipohusodo, I (1996) Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Dzikri, M & Firmansyah, M. (2018). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Tembaga (Copper Slag) Terhadap Kuat Tekan Sesuai Umurnya. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Faqihuddin, A., Hermansyah, H., & Kurniati, E. (2021). Tinjauan Campuran Beton Normal dengan Penggunaan Superplasticizer Sebagai Bahan Pengganti Air Sebesar 0%; 0,3%; 0,5% Dan 0,7% Berdasarkan Berat Semen. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 2(1), 34–45.
- Gargulak, J.D, Bushar, L.L. & Sengupta, A.K. 2001. Ammoxidized lignosulfonate cement dispersant, US-Patent: US 6,238,475 B1.
- Hardjasaputra. (2008). Pengaruh Penggunaan Agregat Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan Dan Moduls Elastisitas. *Bab I, 2019*, 1–16.
- Harnawansyah, M. S., Fuady, B. H., Maharany, S., Sandora, S. (2023). *Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Bestmittel Sebagai Zat Aditif Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Insani, F. (2023). *Pengaruh Penambahan Sika Fiber Ppm-12 Dan Viscocrete 3115 N Terhadap Kekuatan Beton*. SKRIPSI. Universitas Pembangunan Jaya.
- Irlando, A. (2018). *Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Pada Campuran Beton Dengan Superplasticizer*. Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
- Ismeddiyanto, 1998, TUGAS AKHIR PEMANFAATAN SERBUK GERGAJI (Teetona Grandis L.F) UNTUK BATA BETON, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

- Mardhyah, Rahmat, A., Umar, M. F. (2022). Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Campuran Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil UNIMUDA Sorong* Volume (1) No (2)
- Maulana, M. I. (2023). *Studi Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Kamper Terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Beton Ringan*,
- Martonagoro, W. W. W. (2023). Pengaruh Penggantian Agregat Halus dengan Debu Batu dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Kemudahan Kerja, Serapan, Kuat Tekan Beton.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi beton*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Terjemahan oleh Ir. Stehphanus Hendarko. Erlangga. Jakarta.
- Nurmawati. Ida. (2006). *Pemanfaatan Limbah Industri Penggergajian Kayu Sebagai Bahan Subtitusi Pembuatan Paving block*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Pane, F.P., H. Tanudjaja, dan R. S. Windah. (2015). *Pengujian Kuat Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Pandei, R. W., Supit, S. W. M., Rangan, J., & Karwur, A. (2019). Studi Eksperimen Pengaruh Pemanfaatan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Dan Permeabilitas Beton Berpori (Pervious Concrete). *Jurnal Poli-Teknologi*, 18(1), 45–52. <https://doi.org/10.32722/pt.v18i1.1288>
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (Cetakan ke 7)*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Jakarta.
- Polopadang, J., Sumajouw, M. D. J., & Dapas, S. O. (2023). Studi Eksperimental Kuat Tarik Lentur Beton Menggunakan Serbuk Kayu Sebagai Subtitusi Parsial Agregat Halus. *Jurnal Sipil Statik*, 11(1), 11–16.
- Purnomo, S.W. dan Darmadi, D. 2006. *Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene dengan Variasi Panjang Terhadap Kekuatan Beton*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- PT. Sika Indonesia. *Concrete Additive Based On Superplasticizer Technlogy*.
- Rahmayanti, N. (2018). *Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan*

- ViscoCrete 1003 Terhadap Kualitas Beton Normal Dengan UPV Test. *Jurnal. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.*
- Razak, R P dan Muntafi Y. 2018. Pengaruh Admixture Polycarboxylate dan Napthalene Terhadap Kuat Desak Beton Normal. *Jurnal. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.*
- Ramkrishnan, R., Abilash, B., Trivedi, M., Varsha, P., Varun, P., & Vishanth, S. (2018). Effect of Mineral Admixtures on Pervious Concrete. *Materials Today: Proceedings*, 5(11), 24014–24023.
- Riezka. (2018). Pengaruh Lama Waktu Pencampuran Terhadap Mutu Beton. *Jurnal KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 1(4).
- Risal, M., Jasman, J., & Hamka, H. (2022). Pengaruh Substitusi Agregat Halus Dengan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Karajata Engineering*, 2(2), 31–37.
- Saifuddin, M. I., Edison B., Fahmi K. (2013). *Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton*. *Jurnal Mahasiswa Teknik Universitas Pasir Pengairan.*
- S Haniza, et al. 2021. The effect of adding viscocrete – 1003 on compressive strength of concrete using electric pole waste as a partial replacement of coarse aggregate. *Civil Engineering Department, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Pekanbaru, Riau, Indonesia.*
- Sika Indonesia. 2016. Product Data Sheet Sika Viscocrete 3115 N. PT. Sika Indonesia Head Office. Bogor.
- Sika Indonesia. (2023) *Admixture/Obat Beton Untuk Beton Dengan Kemampuan Mengalir Tinggi/ Self-Compacting Concrete* Lembar Data Teknis Sika ViscoCrete-3115N
- SNI 03-2495. 1991. Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton. Departemen Pekerjaan Umum. Diterbitkan Oleh Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Jalan Tamansari no. 84 Bandung.
- SNI 03-4142. 1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos


- Saringan No. 200 (0,075 mm). Pustran-Balitbang PU
- SNI 03-4804. 1998. Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 2834. 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 15-2049. 2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1968. 1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan. Agregat Halus Dan Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1969. 2016. *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1970. 2016. *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1972. 2008. *Cara Uji Slump Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1974. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 6433. 2016. Metode Uji Densitas, Penyerapan, dan Rongga dalam Beton Keras. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 6861.1. 2002. Spesifikasi Bahan Bangunan – Bagian A: Bahan Bangunan Bukan Logam. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2847. 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2847. 2002. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI, 4431-2011. (2011). SNI 4431-2011 : Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–16.
- SNI 4154. 2014. Metode Uji Kekuatan Lentur Beton (Menggunakan Balok Sederhana Dengan Beban Terpusat di Tengah Bentang). (ASTM C293/C293M-10, IDT). Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 7974:2013. (2013). Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602–06, IDT) SNI 7974-2013. *Badan Standardisasi Nasional*, 27(5), 596–602.

- Subakti, A. 1995. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, ITS Surabaya.
- Sudirman, & Itteridi, V. (2019). Penggunaan Serbuk Kayu Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Jurnal Ilmiah Bering'S*, 6(02), 66–70. <https://doi.org/10.36050/berings.v6i02.198>
- Sugiatmo, D. 2017. Sifat Mekanis Pada Beton Self Compacting Concrete dengan Menggunakan Bahan Tambah Viscocrete 1003 dan Viscoflow 3211 N. Thesis. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solo.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.CV. Bandung.
- Syarifuddin, M. (2020). *Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Penggajian Terhadap Kuat Tekan Beton*. Tugas Akhir Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Semarang
- Tjokrodikuljo, K. 1996. *Buku Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri, Yogyakarta
- Trokrodikuljo, Kardiyono.2007. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Trimurtiningrum, R. (2018). Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tarik dan Kuat Tekan Beton. *JHP17: Jurnal Hasil Penelitian*, 3(01).



# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium



UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA

**FAKULTAS  
TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN**

Gedung KH. Moh. Natsir  
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584  
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201  
F. (0274) 895330  
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id  
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 153/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VIII/2023  
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium

- sudah selesai  
- serbuk kayu → sdh barang  
- semen } habis  
pasir }  
split }

Kepada Yth:  
**KEPALA LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA	: SATRIA HARDANTA PUTRA	(085602526296)
NIM	: 19511275	
JUDUL TUGAS AKHIR	: PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU DAN SUPERPLAZTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON	
DOSEN PEMBIMBING	: ASTRIANA HARDAWATI, S.T., M. ENG	


Sehubungan dengan Penelitian yang akan dilakukan untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini saya bermaksud mengajukan permohonan izin meminjam peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia guna mendukung penyelesaian penyusunan Laporan Tugas Akhir.


Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*



Sekretaris Program Sarjana Teknik Sipil,  
**DINIA ANGGRAHENI, M. ENG**

Yogyakarta, 8 Agustus 2023  
Pemohon  
  
**SATRIA HARDANTA PUTRA**  
NIM. 19511275

**Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat**

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

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata – rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	498	498	498
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1043	1047	1045
Berat piknometer berisi air, gram (B)	737	734	735,5
Berat jenis curah ( $Bk/(B+500-Bt)$ )	2,567	2,663	2,61
Berat jenis jenuh kering muka ( $500/(B+500-Bt)$ )	2,577	2,674	2,62
Berat jenis semu, ( $Bk/(B+Bk-Bt)$ )	2,594	2,692	2,64
Penyerapan air, ( $((500-Bk)/(Bk \times 100))$ )	0,4016	0,4016	0,4

Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS  
SARINGAN AGREGAT HALUS  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Tertinggal (gram)</b>	<b>Berat Tertinggal (%)</b>	<b>Berat Tertinggal Kumulatif (%)</b>	<b>Persen Lolos Kumulatif (%)</b>
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3	0,15	0,15	99,85
4,8	9	0,45	0,60	99,40
2,4	10	0,50	1,10	98,90
1,2	65	3,25	4,35	95,65
0,6	520	26	30,35	69,65
0,3	957	47,85	78,20	21,80
0,15	396	19,80	98,00	2
Pan	40	2	100	0
Jumlah	2000	100	212,600	-

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{212,6}{100} = 2,12$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,12 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 - 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

### GRADASI AGREGAT HALUS

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

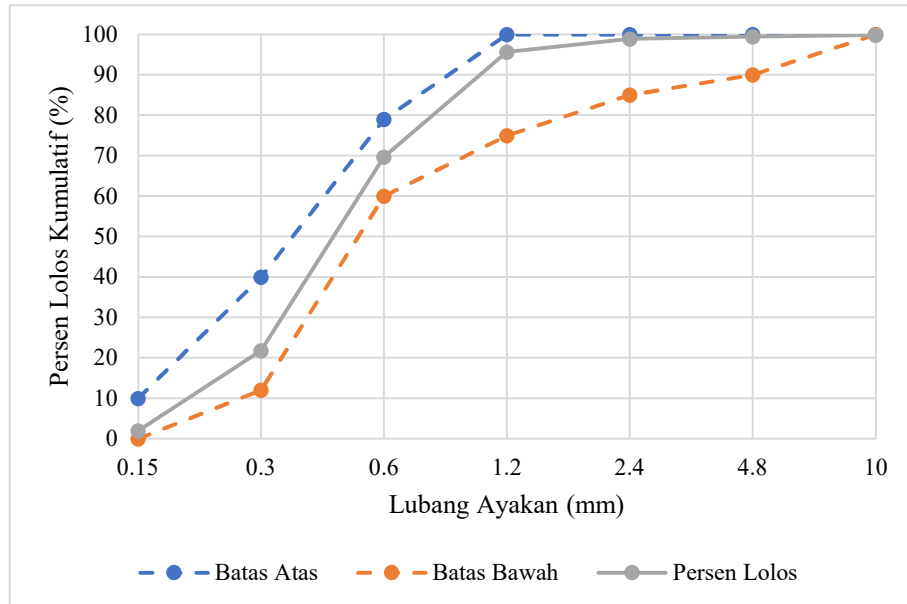
**Keterangan:**

Daerah I : Pasir Kasar  
 Daerah II : Pasir Agak Kasar  
 Daerah III : Pasir Agak Halus  
 Daerah IV : Pasir Halus

**Hasil Analisis Saringan:**

Pasir Masuk Daerah : Daerah 3  
 Jenis Pasir : Agak Halus

**Gambar Analisis Saringan Agregat Halus**



Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS  
SARINGAN AGREGAT HALUS  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	0	0	0	100
2,4	10	0,50	0,50	99,50
1,2	80	4,00	4,50	95,50
0,6	570	28,50	33,00	67,00
0,3	934	46,70	79,70	20,30
0,15	384	19,20	98,90	1,10
Pan	22	1,1	100	0
Jumlah	2000	100	216,6	-

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{216,6}{100} = 2,16$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,16 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 - 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

### GRADASI AGREGAT HALUS

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

**Keterangan:**

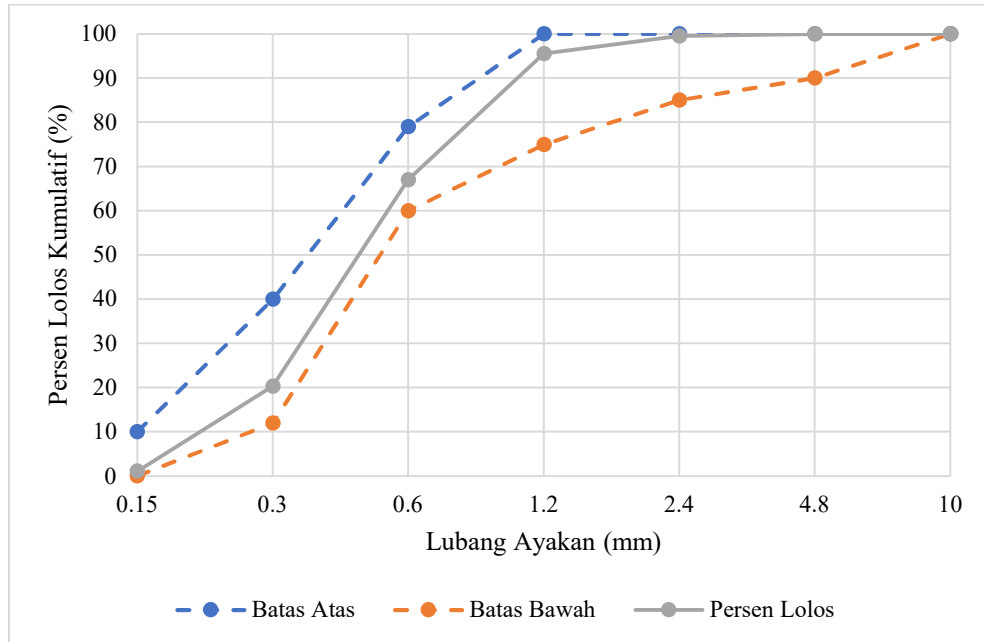
Daerarah I : Pasir Kasar  
 Daerah II : Pasir Agak Kasar  
 Daerah III : Pasir Agak Halus  
 Daerah IV : Pasir Halus

**Hasil Analisis Saringan:**

Pasir Masuk Daerah : Daerah 3  
 Jenis Pasir : Agak Halus



**Gambar Analisis Saringan Agregat Halus**



Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

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

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata – Rata
Diameter silinder (d), cm	14,95	14,95	14,95
Tinggi silinder (t), cm	30,1	30,1	30,1
Berat tabung (W1), gram	7987	7739	7863
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18996	18503	18749,5
Berat agregat (W3), gram	11009	10764	10886,5
Volume tabung (V), gram	5283,707	5283,707	5283,707
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,511	1,464	1,488

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{7863}{5283,707} \\
 &= 1,488 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

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

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata – Rata
Diameter silinder (d), cm	14,95	14,95	14,95
Tinggi silinder (t), cm	30,11	30,11	30,11
Berat tabung (W1), gram	8880	8887	8883,5
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	19889	19651	19770
Berat agregat (W3), gram	11009	10764	10886,5
Volume tabung (V), cm <sup>3</sup>	5285,462	5285,462	5285,462
Berat volume padat (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,68	1,68	1,68

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{8883,5}{5283,707} \\
 &= 1,68 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

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

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata - rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2), gram	499	495	497
Berat yang lolos ayakan no. 200 $[(W1 - W2/W1)] \times 100$	0,20	1,00	0,60

Diperiksa Oleh,  
 Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

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

Asal Pasir	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata – rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	4916	4895	4905,5
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil berisi air, gram (Ba)	3034	3040	3037
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	2,501	2,497	2,498
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	2,543	2,551	2,547
Berat jenis semu, (Bk/(Bk-Ba))	2,612	2,639	2,625
Penyerapan air, ((Bj-Bk)/(Bk x 100))	1,71%	2,15%	1,92%

Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

**PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN  
AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Pasir	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

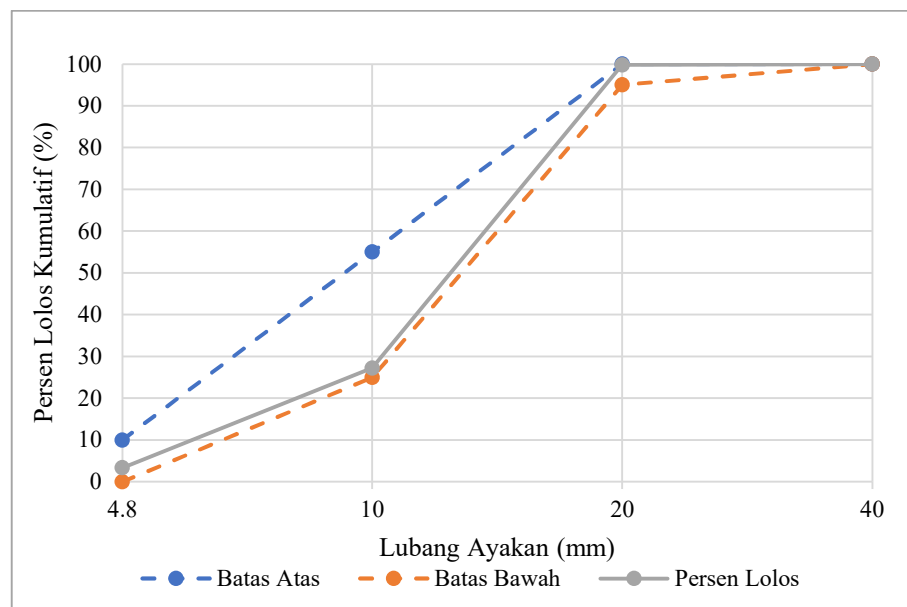
<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Tertinggal (gram)</b>	<b>Berat Tertinggal (%)</b>	<b>Berat Tertinggal Kumulatif (%)</b>	<b>Persen Lolos Kumulatif (%)</b>
40	0	0	0	100
20	10	0,2	0,2	99,80
10	3631	72,62	72,82	27,18
4,8	1191	23,82	96,64	3,36
2,4	12	0,24	96,88	3,12
1,2	8	0,16	97,04	2,96
0,6	0	0	97,04	2,96
0,3	0	0	97,04	2,96
0,15	0	0	97,04	2,96
Sisa	148	2,96	100	0
Jumlah	5000	100	654,7	-

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{654,7}{100} \\ &= 6,54 \end{aligned}$$

### Gradasi Agregat Kasar

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

### GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

**PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN  
AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Pasir	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Tertinggal (gram)</b>	<b>Berat Tertinggal (%)</b>	<b>Berat Tertinggal Kumulatif (%)</b>	<b>Persen Lolos Kumulatif (%)</b>
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3527	70,54	70,54	29,46
4,8	1314	26,28	96,82	3,18
2,4	14	0,28	97,1	2,90
1,2	6	0,12	97,22	2,78
0,6	0	0	97,22	2,78
0,3	0	0	97,22	2,78
0,15	0	0	97,22	2,78
Sisa	139	2,78	100	0
Jumlah	5000	100	653,34	-

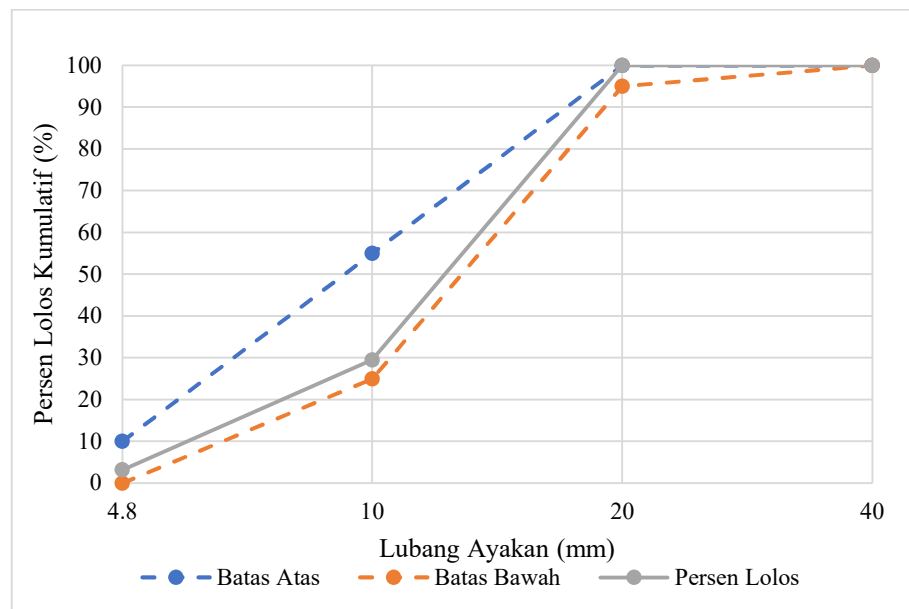
$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{653,34}{100} \\ &= 6,53 \end{aligned}$$



**Gradasi Agregat Kasar**

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

**GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR**



Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

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

Asal Pasir	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,95	14,95	14,95
Tinggi silinder (t), cm	30,1	30,1	30,1
Berat tabung (W1), gram	6670	6537	6603,5
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	17861	17230	17545,5
Berat agregat (W3), gram	11191	10693	10942
Volume tabung (V), gram	5283,707	5283,707	5283,707
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,262	1,237	1,249

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{17545,5}{6603,5} \\
 &= 1,24 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

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

Asal Pasir	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter silinder (d), cm	14,95	14,95	14,95
Tinggi silinder (t), cm	30,11	30,11	30,11
Berat tabung (W1), gram	7801	7837	7819
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18992	18530	18761
Berat agregat (W3), gram	11191	10693	10942
Volume tabung (V), gram	5285,462	5285,4628	5285,462
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm <sup>3</sup>	1,475	1,482	1,479

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{18761}{5285,462} \\
 &= 1,47 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh,  
Laboran

Yogyakarta, Januari 2024  
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Satria Hardanta Putra)

### Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Perencanaan Campuran

<i>Mix Design</i>			
No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	MPa
2	Standar deviasi	-	-
3	Nilai tambah // Margin (M)	12	MPa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	MPa
5	Jenis Semen	Tipe I	
6	Jenis Agregat Halus	Batu Pecah	
7	Jenis Agregat Kasar	Alami	
8	Faktor air semen bebas (FAS)	0.5	
9	Faktor air semen maksimum	0.6	
10	FAS digunakan	0.5	
11	<i>Slump</i>	10 ± 2	cm
12	Ukuran agregat maksimum	20	mm
13	Kadar air bebas	205	kg/m <sup>3</sup>
14	Kadar Semen	410	kg/m <sup>3</sup>
15	Kadar semen maksimum	-	kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar semen minimum	275	kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar semen yang digunakan	410	kg/m <sup>3</sup>
18	FAS disesuaikan	-	
19	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi III	
20	Berat jenis agregat halus (SSD)	2.547	
21	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2.625	
22	Presentase agregat halus	34	%
23	Presentase agregat kasar	66	%
24	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2.57	
25	Berat isi beton	2340	kg/m <sup>3</sup>
26	Kadar agregat gabungan	1725	kg/m <sup>3</sup>
27	Kadar agregat halus	586.50	kg/m <sup>3</sup>
28	Kadar agregat kasar	1138.50	kg/m <sup>3</sup>
29	Kadar semen dengan angka penyusutan	512.50	kg/m <sup>3</sup>
30	Kadar air dengan angka penyusutan	256.25	kg/m <sup>3</sup>
31	Kadar agregat halus dengan angka penyusutan	733.13	kg/m <sup>3</sup>
32	Kadar agregat kasar dengan angka penyusutan	1423.13	kg/m <sup>3</sup>

**Lampiran 4 Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Beton**

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume	
					Satuan	Rerata
SK0%	150,067	301,000	0,00532	13,10	2460,44	2437,68
	150,667	303,467	0,00541	12,97	2397,94	
	150,667	300,267	0,00535	13,10	2446,47	
	150,167	301,333	0,00534	13,13	2459,70	
	150,000	301,500	0,00533	12,91	2423,82	
SK1%	150,250	302,000	0,00535	13,00	2427,64	2426,07
	150,450	301,250	0,00536	12,85	2399,02	
	150,550	301,600	0,00537	13,14	2446,51	
	149,833	301,167	0,00531	12,83	2415,71	
	150,067	301,000	0,00532	13,00	2441,46	
SK1,5%	150,067	301,033	0,00532	12,99	2439,14	2405,48
	150,333	303,467	0,00539	12,84	2383,53	
	150,667	302,167	0,00539	13,08	2428,49	
	150,167	301,033	0,00533	12,80	2400,44	
	151,000	301,133	0,00539	12,81	2375,82	
SK2%	150,067	300,30	0,00531	12,72	2394,45	2388,21
	150,500	301,57	0,00536	12,61	2349,99	
	150,333	300,63	0,00534	12,68	2376,75	
	150,167	300,67	0,00533	12,78	2400,55	
	150,267	300,27	0,00533	12,88	2419,32	
SK2,5%	150,433	302,133	0,00537	12,64	2352,87	2352,58
	150,367	300,800	0,00534	12,69	2374,76	
	150,133	301,933	0,00535	12,45	2329,99	
	150,167	301,667	0,00534	12,59	2355,53	
	150,163	301,533	0,00534	12,55	2349,76	
SK0%-SP	150,600	301,200	0,00537	12,97	2460,44	2437,68
	150,200	301,300	0,00534	13,07	2397,94	
	150,600	301,300	0,00537	13,05	2446,47	
	150,500	301,000	0,00535	13,13	2459,70	
	150,800	301,800	0,00539	13,40	2423,82	
SK 1%-SP	150,167	301,000	0,00533	13,20	2475,93	2451,15
	150,400	301,200	0,00535	12,97	2424,56	
	151,533	300,550	0,00542	13,20	2434,74	
	150,400	301,250	0,00535	13,23	2471,43	
	150,500	301,000	0,00535	13,11	2449,10	

**Lanjutan Lampiran 4 Laporan Sementara Pengujian Berat Volume Beton**

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume	
					Satuan	Rerata
SK 1,5%-SP	150,300	301,400	0,00535	13,07	2443,20	2454,73
	150,500	301,567	0,00536	13,07	2435,92	
	150,433	300,500	0,00534	13,05	2443,92	
	150,550	301,267	0,00536	13,13	2448,85	
	150,367	301,600	0,00536	13,40	2501,77	
SK2%-SP	150,067	301,40	0,00533	13,20	2475,94	2460,12
	150,300	300,90	0,00534	13,17	2467,67	
	150,217	301,75	0,00535	13,20	2467,75	
	150,400	301,45	0,00536	13,23	2469,79	
	150,467	302,50	0,00538	13,01	2419,44	
SK2,5%-SP	150,400	301,150	0,00535	13,07	2441,97	2463,21
	150,850	300,250	0,00537	13,07	2435,26	
	150,650	301,750	0,00538	13,15	2445,40	
	150,133	300,000	0,00531	13,13	2472,85	
	150,067	300,550	0,00532	13,40	2520,56	

### Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (KN)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (MPa)	
					Satuan	Rerata
T-SK0%	150,067	301,000	451,45	17687,17	25,52	26,70
	150,667	303,467	448,89	17828,89	25,18	
	150,667	300,267	478,82	17828,89	26,86	
	150,167	301,333	487,74	17710,75	27,54	
	150,000	301,500	501,48	17671,46	28,38	
T-SK1%	150,250	302,000	491,78	17730,41	27,74	26,82
	150,450	301,250	455,43	17777,65	25,62	
	150,550	301,600	478,81	17801,29	26,90	
	149,833	301,167	489,59	17632,21	27,77	
	150,067	301,000	461,65	17687,25	26,10	
T-SK1,5%	150,067	301,033	411,10	17687,17	23,24	25,69
	150,333	303,467	451,69	17750,09	25,45	
	150,667	302,167	484,85	17828,89	27,19	
	150,167	301,033	455,10	17710,75	25,70	
	151,000	301,133	481,60	17907,86	26,89	
T-SK2%	150,067	300,30	433,69	17687,17	24,52	24,76
	150,500	301,57	450,92	17789,46	25,35	
	150,333	300,63	422,70	17750,09	23,81	
	150,167	300,67	419,86	17710,75	23,71	
	150,267	300,27	468,51	17734,43	26,42	
T-SK2,5%	150,433	302,133	388,45	17773,71	21,86	23,61
	150,367	300,800	438,98	17757,96	24,72	
	150,133	301,933	398,88	17702,89	22,53	
	150,167	301,667	438,68	17710,75	24,77	
	150,163	301,533	428,38	17709,89	24,19	
T-SK0%-SP	150,600	301,200	498,33	17813,11	27,98	28,53
	150,200	301,300	525,90	17718,61	29,68	
	150,600	301,300	491,60	17813,11	27,60	
	150,500	301,000	535,48	17789,46	30,10	
	150,800	301,800	487,42	17860,46	27,29	
T-SK 1%-SP	150,167	301,000	495,82	17710,75	28,00	30,41
	150,400	301,200	501,84	17765,83	28,25	
	151,533	300,550	597,23	18034,59	33,12	
	150,400	301,250	531,38	17765,83	29,91	
	150,500	301,000	583,08	17789,46	32,78	

**Lanjutan Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton**

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (KN)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (MPa)	
					Satuan	Rerata
T-SK 1,5%-SP	150,300	301,400	644,89	17742,22	36,35	32,44
	150,500	301,567	566,96	17789,46	31,87	
	150,433	300,500	517,12	17773,71	29,09	
	150,550	301,267	632,37	17801,29	35,52	
	150,367	301,600	521,36	17757,96	29,36	
T-SK2%-SP	150,067	301,40	648,43	17687,17	36,66	34,37
	150,300	300,90	632,37	17742,22	35,64	
	150,217	301,75	548,81	17722,55	30,97	
	150,400	301,45	561,60	17765,83	31,61	
	150,467	302,50	657,75	17781,59	36,99	
T-SK2,5%-SP	150,400	301,150	531,20	17765,83	29,90	31,44
	150,850	300,250	549,14	17872,30	30,73	
	150,650	301,750	532,01	17824,94	29,85	
	150,133	300,000	583,63	17702,89	32,97	
	150,067	300,550	597,31	17687,17	33,77	



### Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Variasi (%)		Lebar Patah (mm)	Tinggi Patah (mm)	Jarak Bidang Patah (mm)	Berat Beton (kg)	Beban (kgf)	Kuat lentur (MPa)	Rata-rata
BN	L1	150,10	150,40	161,80	33,00	2825	3,673	3,421
	L2	150,00	150,30	160,40	30,20	2770	3,609	
	L3	150,60	150,40	158,20	33,20	2675	3,466	
	L4	150,10	150,40	159,60	32,00	2580	3,354	
	L5	150,10	150,40	160,30	33,00	2310	3,003	
BN+SP	L1	150,00	151,00	162,80	32,50	2724	3,516	3,530
	L2	150,00	150,00	163,50	32,00	2630	3,440	
	L3	151,00	151,00	172,40	33,00	2820	3,616	
	L4	150,00	150,00	170,20	32,40	2685	3,512	
	L5	150,00	150,00	171,80	32,50	2725	3,564	
SK 1%	L1	150,10	150,40	163,80	32,10	2800	3,641	3,330
	L2	150,00	150,30	164,20	32,50	2560	3,335	
	L3	150,60	150,40	165,20	32,20	2680	3,473	
	L4	150,10	150,40	167,20	31,80	2320	3,016	
	L5	150,10	150,40	161,50	32,40	2450	3,185	
SK 1,5%	L1	150,00	150,00	179,20	32,10	2420	3,165	3,203
	L2	150,00	150,00	181,20	32,50	2525	3,303	
	L3	149,00	150,00	180,20	32,40	2540	3,345	
	L4	152,00	151,00	165,20	31,80	2535	3,229	
	L5	151,00	152,00	162,10	32,40	2350	2,974	
SK 2%	L1	147,00	152,00	168,10	34,00	2660	3,457	3,163
	L2	150,00	154,00	171,20	32,00	2530	3,140	
	L3	150,00	152,00	174,10	31,50	2470	3,146	
	L4	152,00	155,00	174,80	32,10	2440	2,950	
	L5	152,00	150,00	173,70	33,00	2420	3,124	
SK 2,5%	L1	147,00	152,00	168,20	35,00	2300	2,990	2,940
	L2	150,00	154,00	178,10	31,00	2310	2,867	
	L3	150,00	152,00	174,20	33,00	2390	3,044	
	L4	152,00	155,00	175,30	33,00	2180	2,635	
	L5	152,00	150,00	174,70	30,20	2450	3,162	
SK 1% +SP	L1	151,00	152,00	165,20	33,70	2985	3,777	3,766
	L2	150,00	152,00	158,20	33,50	2875	3,662	
	L3	152,00	151,00	168,30	33,00	2930	3,732	
	L4	151,00	152,00	169,20	32,20	3050	3,859	
	L5	150,00	149,00	165,20	32,40	2865	3,798	
SK 1,5%+ SP	L1	150,00	150,00	162,20	33,00	2990	3,911	3,902
	L2	150,00	150,00	165,10	32,30	3060	4,002	
	L3	149,00	150,00	170,80	32,00	2910	3,832	
	L4	152,00	151,00	167,80	33,00	3075	3,917	
	L5	151,00	152,00	166,50	34,00	3040	3,847	

### Lanjutan Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Variasi (%)		Lebar Patah (mm)	Tinggi Patah (mm)	Jarak Bidang Patah (mm)	Berat Beton (kg)	Beban (kgf)	Kuat lentur (MPa)	Rata-rata
SK 2% +SP	L1	147,00	152,00	178,80	34,00	3130	4,068	4,019
	L2	150,00	154,00	176,90	32,40	3270	4,058	
	L3	150,00	152,00	165,20	33,80	3150	4,012	
	L4	152,00	155,00	166,10	33,30	3195	3,862	
	L5	152,00	150,00	161,20	33,00	3170	4,092	
SK 2,5% +SP	L1	147,00	152,00	161,50	33,60	2810	3,652	3,628
	L2	150,00	154,00	168,10	32,80	2850	3,537	
	L3	150,00	152,00	172,60	33,00	2920	3,720	
	L4	152,00	155,00	166,40	34,00	2980	3,602	
	L5	152,00	150,00	178,10	33,80	2810	3,627	

### Lampiran 7 Laporan Sementara Hasil Pengujian Absorpsi Beton

Variasi Kadar Serbuk Kayu	Kadar <i>Superplasticizer</i>	No. Sampel	Berat Kering Oven (kg)	Berat Kering Permukaan (kg)	Absorpsi (%)	Absorpsi Rerata (%)
0%	0 %	1	7,691	8,105	5,38	5,21
		2	7,615	7,999	5,04	
1%		1	7,723	8,179	5,90	5,60
		2	7,621	8,024	5,29	
1,5%		1	7,81	8,299	6,26	5,75
		2	7,799	8,207	5,23	
2%		1	7,713	8,239	6,82	5,92
		2	7,651	8,035	5,02	
2,5%		1	7,598	8,122	6,90	6,14
		2	7,604	8,013	5,38	
0%	0,6%	1	7,864	8,226	4,60	4,62
		2	7,892	8,258	4,64	
1%		1	7,881	8,252	4,71	4,87
		2	7,944	8,343	5,02	
1,5%		1	7,817	8,215	5,09	5,03
		2	7,737	8,121	4,96	
2%		1	7,571	7,98	5,40	5,27
		2	7,622	8,013	5,13	
2,5%		1	7,563	7,939	4,97	5,40
		2	7,592	8,035	5,84	

**Lampiran 8 Dokumentasi Material Penelitian*****Mixing Pertama******Mixing Kedua*****Gambar L-8. 1 Serbuk Kayu Jati****Gambar L-8. 2 Agregat Halus Progo**



**Gambar L-8. 3 Semen Merk Tiga Roga**



**Gambar L-8. 4 Agregat Kasar Clereng**



**Gambar L-8. 5 Sika Viscocrete 3115N (*Superplasticizer*)**

## Lampiran 9 Dokumentasi Alat Penelitian



**Gambar L-9. 1 *Compressive Testing Machine***



**Gambar L-9. 2 *Compressive Testing Machine***



**Gambar L-9. 3 *Universal Testing Machine***



**Gambar L-9. 4 Mixer**



**Gambar L-9. 5 Timbangan**



**Gambar L-9. 6 Pknometer**





**Gambar L-9. 7 Saringan Agregat**



**Gambar L-9. 8 Kerucut *Abrams***



**Gambar L-9. 9 Besi Penusuk**





**Gambar L-9. 10 Palu Karet**



**Gambar L-9. 11 Sekop**



**Gambar L-9. 12 Gelas Ukur**



**Gambar L-9. 13 Cetakan Benda Uji Kubus**



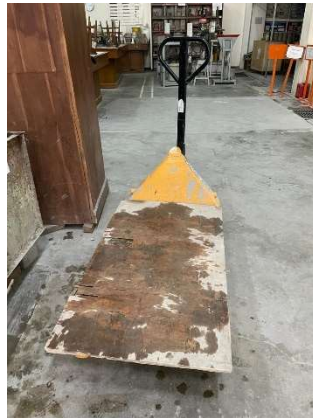
**Gambar L-9. 14 Cetakan Benda Uji Balok**



**Gambar L-9. 15 Cetakan Benda Uji Silinder**



**Gambar L-9. 16 Neraca Ohaus**



**Gambar L-9. 17 Troli**



**Gambar L-9. 18 Ember**



**Gambar L-9. 19 Sieve Shaker Agregat Halus**



**Gambar L-9. 20 Sieve Shaker Agregat Kasar**



**Gambar L-9. 21 Pan**



**Gambar L-9. 22 Penggaris**



**Gambar L-9. 23 Jangka Sorong**



**Gambar L-9. 24 Oven**

## Lampiran 10 Dokumentasi Pelaksanaan Pengujian



**Gambar L-10. 1 Pembuatan Beton**



**Gambar L-10. 2 Pengujian Nilai Slump Beton**



**Gambar L-10. 3 Pencetakan Beton Segar**





**Gambar L-10. 4 Bak Perendaman Beton**



**Gambar L-10. 5 Penyiapan Benda Uji serta *Capping* Sebelum Pengujian**



**Gambar L-10. 6 Penyiapan Benda Uji Lentur Sebelum Pengujian**



**Gambar L-10. 7 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton**



**Gambar L-10. 8 Pengujian Kuat Lentur Balok Beton**



**Gambar L-10. 9 Pengujian Absorpsi Beton**





**Gambar L-10. 10 Hasil Pengujian Kuat Lentur**



**Gambar L-10. 11 Hasil Pengujian Kuat Tekan**