

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN TAMBAH SILICA FUME
TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU 25 MPA**

(Komunitas Bidang Ilmu: Rekayasa Struktur)

**Oleh
ESTHER GLORY SIRAIT
13019026**

Telah disetujui dan disahkan di Bandung sebagai Skripsi pada tanggal
Agustus 2023

Menyetujui:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Vitta Pratiwi, S.T., M.T.
NIP. 4127.70.13.012

Sutedjo Krisnadi, S.T., M.T.
NIP. 4127.80.88.981

Dekan Fakultas
Teknik dan Ilmu Komputer

Ketua Program Studi
Teknik Sipil

Dr. Ir. Herman S. Soegoto, MBA.
NIP. 4127.70.002

Dr. Vitta Pratiwi ST., MT.
NIP. 4127.70.13.012

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Esther Glory Sirait
No. Induk Mahasiswa : 13019026
Program Studi : S-1 Teknik Sipil
Universitas Komputer Indonesia

Menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul:

Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu 25 Mpa

Adalah benar-benar karya saya sendiri dibawah bimbingan Pembimbing dan Penguji, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutip dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Jika ternyata tidak demikian, saya siap menanggung segala resiko, akibat dan atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Komputer Indonesia.

Dinyatakan di Bandung
X Agustus 2023

Esther Glory Sirait
13019026

PENGARUH BAHAN TAMBAH *SILICA FUME* TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU 25 MPA

**Oleh
Esther Glory Sirait
13019026**

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur yang pesat di Indonesia telah memicu peningkatan permintaan akan bahan konstruksi utama, terutama beton. Beton menjadi bahan yang paling umum digunakan dalam pembangunan infrastruktur karena dapat memengaruhi sifat kimia dan mekanis beton, yang pada akhirnya meningkatkan kekuatan beton tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh penggunaan silica fume dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton normal. Variasi konsentrasi silica fume yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0%, 10%, 12,5%, dan 15%. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari dengan target mutu beton mencapai 25 fc' Mpa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa selama periode pengujian dari awal sampai dengan 28 hari, semua variasi silica fume 0%, 10%, 12,5%, dan 15% mengalami peningkatan mutu beton. Penambahan silica fume pada campuran beton menyebabkan peningkatan kuat tekan beton yang sesuai dengan target yang direncanakan. Analisis hasil menunjukkan bahwa penggunaan 10% silica fume menghasilkan peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 20% dibandingkan dengan beton normal. Namun, pada konsentrasi 12,5% dan 15% silica fume, terjadi penurunan kuat tekan pada umur 28 hari. Secara khusus, kadar 10% silica fume memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 34,94 Mpa, sementara kadar 12,5% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 34,24 Mpa. Kadar 15% silica fume memiliki kuat tekan rata-rata yang lebih rendah. Secara keseluruhan, penggunaan silica fume dalam campuran beton memiliki potensi untuk meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian ini memberikan wawasan tentang bagaimana pengaruh penggunaan bahan tambahan seperti silica fume dapat memengaruhi sifat-sifat beton.

Kata kunci: Beton, Silica Fume, Kuat Tekan, Mutu Beton, Master Life SF 100.

THE EFFECT OF SILICA FUME ADDITIONAL MATERIALS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF FC' 25 MPA CONCRETE

Oleh
Esther Glory Sirait
13019026

ABSTRACT

Rapid infrastructure development in Indonesia has triggered an increase in demand for key construction materials, especially concrete. Concrete is the most common material used in infrastructure construction because it can influence the chemical and mechanical properties of concrete, which ultimately increases the strength of the concrete. This research aims to compare the effect of using silica fume in the concrete mixture on the compressive strength of normal concrete. Variations in silica fume concentration used in this research were 0%, 10%, 12.5%, and 15%. Tests were carried out at 28 days of concrete with a concrete quality target of 25 fc' Mpa. The test results show that during the test period from the beginning to 28 days, all variations of silica fume 0%, 10%, 12.5% and 15% experienced an increase in concrete quality. The addition of silica fume to the concrete mixture causes an increase in the compressive strength of the concrete in accordance with the planned target. Analysis of the results shows that the use of 10% silica fume results in an average increase in compressive strength of 16.87% compared to normal concrete. However, at concentrations of 12.5% and 15% silica fume, there was a decrease in compressive strength at 28 days. Specifically, the 10% silica fume content has an average compressive strength of 34.94 Mpa, while the 12.5% content has an average compressive strength of 34.24 Mpa. The 15% silica fume content has a lower average compressive strength. Overall, the use of silica fume in concrete mixtures has the potential to increase the compressive strength of concrete. This research provides insight into how the use of additional materials such as silica fume can affect the properties of concrete..

Keywords: *Concrete, Silica Fume, Compressive Strength, Concrete Quality, Master Life SF 100.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu 25 Mpa”**.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer di Universitas Komputer Indonesia. Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa telah banyak mendapatkan bimbingan, bantuan serta masukan-masukan, sehingga keberhasilan dalam menyusun laporan ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya atas dorongan semangat, memberikan bantuan doa dan bantuan materiil sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr. Vitta Pratiwi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Sutedjo Krisnadi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Komputer Indonesia yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu.

5. Teman-teman Program Studi Teknik Sipil Universitas Komputer Indonesia khususnya angkatan 2019 yang telah berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan skripsi.
6. Serta semua pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun secara tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna melengkapi kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Bandung, September 2023

Esther Glory Sirait

13019026

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	1
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	3
I.6 Jadwal Rencana Penelitian	5
I.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II	7
II.1 Beton	7
II.1.1 Karakteristik Beton	7
II.1.2 Jenis Jenis Beton	8
II.2 Bahan Campuran Beton.....	9
II.2.1 Semen <i>Portland</i>	9
II.2.2 Air	10
II.2.3 Agregat	11
II.3 Bahan Tambah (<i>Admixture</i>)	13
II.3.1 Silica Fume	15
II.3.2 Master Life SF 100	16

II.4	Kuat Tekan Beton.....	18
II.5	Faktor Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton.....	18
II.6	Studi Terdahulu	20
BAB III	32
III.1	Umum.....	32
III.2	Studi Literatur.....	34
III.3	Persiapan Bahan	34
III.4	Persiapan Alat.....	34
III.5	Benda Uji.....	35
III.6	Pengujian Karakteristik Material.....	37
III.6.1	Pengujian Agregat.....	37
III.7	Perencanaan Pembuatan Campuran (<i>Mix Design</i>)	37
III.7.1	Langkah-Langkah Perencanaan Campuran Beton	37
III.7.2	Langkah-Langkah pembuatan benda uji	38
III.8	<i>Slump Test</i>	38
III.8.1	Langkah-langkah Pengujian <i>Slump Test</i>	38
III.9	Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	39
III.10	Pengujian Benda Uji.....	39
III.11	Perhitungan dan Analisis Data	39
BAB IV	40
HASIL DAN PEMBAHASAN	40
IV.1	Data Pengujian	40
IV.1.1	Langkah-Langkah pembuatan benda uji	41
IV.1.2	Pengujian Agregat Halus.....	47
IV.3	Perhitungan Volume Beton	53
IV.4	Pengujian Nilai Slump.....	55

IV.5 Perawatan Benda Uji.....	56
IV.6 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	57
IV.6.1 Analisis Uji Kuat Tekan Beton Normal	58
IV.6.2 Analisis Uji Kuat Tekan Beton Silica Fume 10%	59
IV.6.3 Analisis Uji Kuat Tekan Beton Silica Fume 12,5%.....	61
IV.6.4 Analisis Uji Kuat Tekan Beton Silica Fume 15%	62
IV.7 Perbandingan Kuat Tekan Beton.....	63
IV.8 Perbandingan Penelitian dengan Studi Terdahulu.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
V.1 Kesimpulan	72
V.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	vii

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Sement Portland.....	9
Gambar II. 2 Agregat Halus	11
Gambar II. 3 Agregat Kasar	12
Gambar II. 4 Silica Fume Dilihat Secara Mikroskopis	15
Gambar II. 5 Master Life SF 100	16
Gambar II. 6 Perbandingan Kuat Tekan Silica Fume Powder 5% dan 15%	25
Gambar II. 7 Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Terhadap Variasi Silica Fume	25
Gambar II. 8 Nilai Kuat Tekan Beton Untuk Beberapa Variasi Silica Fume	26
Gambar II. 9 Perbedaan Nilai Kuat Tekan Beton Antara Tiap Variasi Silica Fume	27
Gambar II. 10 Kuat Tekan Beton Dengan Penamabahan Sika Fume 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%	27
Gambar II. 11 Perbandingan Kuat Tekan Percobaan 1 dan 2	28
Gambar II. 12 Preentase Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Silica Fume dengang Beton Normal	29
Gambar II. 13 Perbandingan Kuat Tekan Variasi Bahan Tambah.....	29
Gambar II. 14 Perbandingan Kuat Tekan Variasi Silica Fume.....	30
Gambar II. 15 Kuat Tekan Beton Terhadap Penambhan Sika Fume.....	30
Gambar III. 1 Bentuk Silinder	32
Gambar III. 2 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar IV. 1 Sampel Beton Yang Telah Diberikan Kode.....	41
Gambar IV. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar.....	44
Gambar IV. 3 Grafik Gradasi Agregat Halus.....	49
Gambar IV. 4 Proses Pengujian Slump	56
Gambar IV. 5 Perawatan Benda Uji.....	57
Gambar IV. 6 Hasil Setelah Beton di Tekan BN-28	57
Gambar IV. 7 Grafik hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	59
Gambar IV. 8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Silica Fume 10%	60
Gambar IV. 9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Silica Fume	

12,5%	62
Gambar IV. 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Kadar Silica Fume	
15%	63
Gambar IV. 11 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Silica Fume	
15%	63
Gambar IV. 12 Hubungan Nilai Kuat Tekan Beton dengan Umur Beton pada	
Berbagai Kadar Silica fume	64
Gambar IV. 13 Perbandingan Kuat Tekan pada Umur 3, 7 & 14 Hari	65
Gambar IV. 14 Hasil Grafik Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur Uji 28 Hari	67
Gambar IV. 15 Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Studi Terdahulu (Umur	
28 Hari)	68

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Gradasi Agregat Halus	12
Tabel II. 2 Gradasi Agregat Kasar	13
Tabel II. 3 Studi Terdahulu	20
Tabel III. 1 Rencana Penamaan Sampel	36
Tabel III. 2 Pemilihan Nilai Slump	38
Tabel IV. 1 Detail Penamaan Benda Uji	40
Tabel IV. 2 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1 (Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia)	42
Tabel IV. 3 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2	43
Tabel IV. 4 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 3	43
Tabel IV. 5 Rata-Rata Nilai Presentase Lolos Kumulatif Agregat Kasar	44
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Berat Jenis	45
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Penyerapan	45
Tabel IV. 8 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar	45
Tabel IV. 9 Hasil pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	46
Tabel IV. 10 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	46
Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	46
Tabel IV. 12 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1	48
Tabel IV. 13 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2	48
Tabel IV. 14 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 3	48
Tabel IV. 15 Rata-Rata Nilai Presentase Lolos Kumulatif Agregat Halus	49
Tabel IV. 16 Hasil Pengujian Berat Jenis	50
Tabel IV. 17 Hasil Pengujian Penyerapan Air	50
Tabel IV. 18 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus	50
Tabel IV. 19 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	50
Tabel IV. 20 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	51
Tabel IV. 21 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	51
Tabel IV. 22 Mix Design Beton	52
Tabel IV. 23 Mix Design Beton Normal	52
Tabel IV. 24 Komposisi Campuran Beton Menggunakan Bahan Tambah Silica	

Fume 10%	53
Tabel IV. 25 Komposisi Campuran Beton Menggunakan Bahan Silica Fume 12,5%	53
Tabel IV. 26 Komposisi Campuran Beton Menggunakan Bahan Tambah Silica Fume 15%	53
Tabel IV. 27 Berat Volume Beton Normal	54
Tabel IV. 28 Berat Volume Beton dengan Bahan Tambah Silica Fume 10%	54
Tabel IV. 29 Berat Volume Beton dengan Bahan Tambah Silica Fume 12,5%	54
Tabel IV. 30 Berat Volume Beton dengan Bahan Tambah Silica Fume 15%	55
Tabel IV. 31 Nilai Slump Beton	56
Tabel IV. 32 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	58
Tabel IV. 33 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silica fume 10%	60
Tabel IV. 34 Hasil Kuat Tekan Beton dengan Kadar Silica Fume 12,5%	61
Tabel IV. 35 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Umur 3, 7 & 14 Hari	65
Tabel IV. 36 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur Uji 28 Hari	66
Tabel IV. 37 Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Studi Terdahulu (Umur 28 Hari)	68
Tabel IV. 38 Komposisi Campuran Beton Normal F'c 36 MPa	69
Tabel IV. 39 Komposisi Campuran Beton Silica Fume 10% F'c 36 MPa	69
Tabel IV. 40 Rincian Produksi Beton Normal, f'c = 36 MPa (Umur 28 Hari)	70
Tabel IV. 41 Rincian Produksi Beton dengan Silica Fume, f'c = 36 MPa (Umur 28 Hari)	70

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

F'C	=	Kuat Tekan Beton (kg/cm ²)
P	=	Beban Maksimum (kg)
A	=	Luas Penampang (cm)
FAS	=	Faktor Air Semen
W	=	Berat Air
C	=	Berat Semen

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur Indonesia saat ini berkembang pesat, diikuti dengan peningkatan kebutuhan akan beton. Beton merupakan komponen struktur konstruksi yang dominan. beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling digunakan dalam infrastruktur. Mutu dan durabilitas beton merupakan faktor penting untuk dipertimbangkan (Wibowo et al. 2021). Salah satu kerusakan pada infrastruktur seperti bendungan mengalami fenomena dam break (Pratiwi 2015). Oleh sebab itu dunia konstruksi membutuhkan inovasi dan alternatif untuk membuat material beton baru yang lebih baik. Khusus untuk beton dapat ditambahkan alternatif berupa bahan yang lebih ekonomis, menggunakan limbah dan bahan lain yang kandungannya dapat meningkatkan kekuatan beton (Rajiman and Putra 2017) .

Pembuatan beton dapat ditambahkan *admixture* untuk mengubah sifat beton, sewaktu dalam keadaan segar ataupun setelah mengeras. Diantaranya untuk mempercepat pengerasan, memperlambat pengerasan, meningkatkan *workability*, mengurangi retak selama pengerasan dan menambah kuat tekan (Firmansyah Agustiana, Koco Buwono, and Tanjung Rahayu 2022) .

Perkembangan teknologi limbah dapat memberikan dampak positif dan dampak negatif terhadap kehidupan manusia sehari-hari Dampak negatif yang paling umum terjadi adalah limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara. Hasil dari limbah tersebut berdampak pada pencemaran lingkungan salah satunya ialah limbah abu silika yang dapat menjadi bahan pencemaran utama. pemanfaatan abu silika memberikan dampak positif sebagai bahan *admixture* ke dalam campuran beton (Agnes Sentani Klau, Phengkarsa, and Sanggaria 2021).

Tujuannya adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar meningkatkan kekuatan tekan beton. *Microsilica* dapat menempati rongga di antara partikel semen. *Microsilica* juga memperbaiki pori yang di dalam struktur mikro beton. Efek ini diakibatkan oleh reaksi *pozzolan* dari bahan *Microsilica* tersebut (Salih et al. 2016).

Microsilica dan Silica fume adalah istilah yang sama dan merujuk pada bahan yang dihasilkan dari pembakaran batu bara atau silikon, adapun produk Silica fume diantaranya Sika Fume, Master Life SF 100, Consul Fume dan lain lainnya, merupakan produk yang dapat mempengaruhi sifat kimia dan sifat mekanis beton sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton.

Menurut Agus & Aristo (2018) penggunaan Silica fume sebagai bahan tambah dalam campuran beton dengan jumlah rendah 2,5% menghasilkan kuat tekan optimum pada umur 28 hari. Menurut Mite et al (2017) dengan penambahan Silica fume 27% dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimum maka semakin besar presentase *Silica fume* nilai kuat tekan akan meningkat sampai pada kuat tekan optimum. Menurut Mahyar et al (2013) penambahan Silica fume jenis sika fume 15% pada umur beton 28 hari menghasilkan kuat tekan yang optimal, namun pada penelitian dengan variasi 5%, 10% dan 15% gambar grafik menunjukkan tegak lurus atau belum mendapatkan hasil kuat tekan yang optimum.

Berdasarkan perumusan masalah diatas masih ada ketidak konsistensi dalam kadar Silica fume yang memberikan hasil optimum. Maka dari itu peneliti bermaksud ingin melakukan pengujian dengan tujuan untuk melakukan pemanfaatan Silica fume (*Master Life SF 100*) sebagai bahan tambah untuk menaikkan mutu beton yang direncanakan. Penelitian ini akan melakukan perbandingan antara pengaruh kuat tekan beton normal dengan beton campuran yang menggunakan bahan tambah Silica fume dalam meningkatkan kuat tekan beton. Variasi Silica fume yang digunakan adalah 0%, 10%, 12,5%, dan 15% dengan waktu pengujian 28 hari dan mutu beton direncanakan 25 fc' Mpa.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat diketahui bahwa pengaruh penambahan Silica fume pada campuran beton dapat menaikkan mutu beton. Dan pada penelitian ini akan diangkat beberapa rumusan masalah, sebagai berikut :

1. Menurut studi terdahulu menyatakan bahwa pengaruh silica fume pada campuran beton dalam pemanfaatan bahan tambah dapat meningkatkan kuat tekan beton.

2. Bagaimana perkembangan kuat tekan beton dari umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari yang dihasilkan beton dengan penambahan Silica fume dan Bagaimanakah peningkatan kuat tekan beton dari tiap tiap presentase kadar aditif.

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan bahan tambah Silica fume dalam meningkatkan kuat tekan beton dengan menggunakan metode eksperimental.
2. Mengetahui nilai kuat tekan beton normal dengan penambahan Silica fume sebagai bahan tambah dalam berbagai kadar terhadap peningkatan kuat tekan beton, serta untuk menentukan kadar optimum Silica fume yang mencapai peningkatan kuat tekan paling optimal.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian kali ini permasalahan dibatasi ruang lingkup sebagai berikut :

1. Penambahan Silica fume (*Master Life SF 100*) dengan variasi 0%, 10%, 12,5%, 15% dari berat semen.
2. Nilai *slump* rencana adalah maksimum 100 mm dan minimum 25 mm.
3. Sampel pembanding beton normal
4. Kuat tekan beton rencana (f_c') adalah 25 Mpa.
5. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari untuk semua variasi.
6. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan sampel 36 buah silinder beton dengan empat variasi yang masing masing variasi tiga sampel.
7. Metode *mix design* menggunakan SNI 7656-2012

I.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis

Memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu struktur dan menambah pengetahuan tentang pengaruh pemanfaatan limbah pada teknologi beton seperti Silica Fume terhadap kuat tekan beton.

2. Manfaat Praktis

Penelitian tentang pengaruh zat *additive* Silica fume diharapkan dapat akan menunjukkan hasil yang nyata dalam menaikkan mutu beton.

I.6 Jadwal Rencana Penelitian

Pada bagian ini penulis melakukan perencanaan jadwal penelitian agar penelitian ini terarah dan terstruktur sesuai dengan target pada penelitian ini. Jadwal rencana penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

	Kegiatan	Waktu Penelitian																											
		Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul								I																				
2	Pengumpulan Data Sekunder								D																				
3	Pengerjaan Bab 1, 2, 3								U																				
4	Seminar Judul								L																				
5	Perbaikan Hasil Seminar Judul																												
6	Pembuatan Benda Uji								F																				
7	Uji Tekan								I																				
8	Pengolahan Data								T																				
9	Seminar Isi								R																				
10	Perbaikan Seminar Isi								I																				
11	Sidang Akhir																												
12	Perbaikan sidang Akhir																												

I.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pertama ini bertuliskan beberapa pokok pembahasan mengenai latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, lingkup penelitian, jadwal rencana penelitian, sistematika penulisan dan manfaat penulisan. Tujuannya untuk memaparkan secara umum mengenai pembahasan serta permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini.

BAB II STUDI PUSTAKA

Pada bab kedua ini bertuliskan tentang karakteristik dan sifat material campuran yang digunakan pada pengujian kuat tekan ini, seperti semen, agregat halus, agregat kasar, dan tambahan zat aditif.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ketiga ini berisikan uraian penjelasan tentang metode pelaksanaan penelitian dan langkah-langkah penelitian meliputi uji bahan dasar campuran beton, pembuatan benda uji sesuai dengan dosis atau kadarnya, serta pengujian kuat tekan beton.

BAB IV UJI EKSPERIMENTAL DAN PEMBAHASAN

Pada bab keempat ini penulis akan membahas tentang hasil perhitungan yang telah dilakukan di laboratorium. Adapun data yang didapat adalah pengujian agregat sampai dengan pengujian terhadap kuat tekan beton.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kelima ini membahas tentang kesimpulan sesuai dengan hasil penelitian yang didapat dari laboratorium dan saran sebagai bahan dasar pengembangan penelitian dikemudian hari.

BAB II

STUDI PUSTAKA

II.1 Beton

Beton adalah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi bahan pengikat (umumnya terdiri dari semen hidrolik dan air), agregat halus (pasir), dan agregat kasar (karang/batu pecah) dengan atau tanpa bahan tambahan menurut yang tercantum (SNI 2847-2013). Menurut Ahmad, Taufieq, and Aras (2009) Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna.

Beton merupakan satu kesatuan yang homogen, campuran pada beton ialah agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen Portland atau semen hidrolik yang lain (Hadori and Pranoto 2019). Menurut Dewi, Dermawan, and Ashari (2016) Pembuatan beton pada saat ini telah banyak mengalami modifikasi seperti pembuatan beton dengan campuran bahan pembantu dimana mengalami peningkatan kuat tekan terhadap beton normal.

II.1.1 Karakteristik Beton

Beton di bentuk oleh pencampuran semen, agregat dan air memiliki sifat yang khusus. Dalam keadaan segar, beton harus mudah dikerjakan dan dalam keadaan keras beton harus mampu menerima beban tekan serta awet dalam menghadapi serangan kondisi lingkungan. Selain itu, beton juga dapat dirancang sesuai dengan peruntukannya dan kualitas yang diinginkan (Mahyar Et al. 2013) beton yang baik harus memenuhi tiga syarat yaitu :

1. Memiliki bahan pengisi yang baik, dengan kekerasan butiran agregat yang baik dan gradasi agregat yang beragam.
2. Memiliki bahan perekat yang baik, dengan kualitas dan kuantitas semen yang baik serta jumlah air yang digunakan sesuai dengan kebutuhan semen.
3. Memiliki lekatan antara matriks dan agregat yang baik. Hal ini dipengaruhi oleh kekasaran permukaan dan kebersihan permukaan material alam.

II.1.2 Jenis Jenis Beton

Beton merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan untuk pembangunan konstruksi. Dalam (Tjokrodimuljo 1996) terdapat beberapa jenis beton yang digunakan dalam konstruksi suatu bangunan diantaranya :

1. Beton normal

Merupakan beton yang cukup berat, dengan berat volume 2400 kg/m^3 dengan nilai kuat tekan $15 - 40 \text{ MPa}$ dan dapat menghantar panas.

2. Beton ringan

Merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m^3 . Nilai kuat tekannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.

3. Beton massa

Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm .

4. Beton bertulang

Beton biasa sangat lemah dengan gaya tarik, namun sangat kuat dengan gaya tekan, batang baja dapat dimasukkan pada bagian beton yang tertarik untuk membantu beton. Beton yang dimasuki batang baja pada bagian tariknya ini disebut beton bertulang.

5. Beton prategang

Jenis beton ini sama dengan beton bertulang, perbedaannya adalah batangnya baja yang dimasukkan ke dalam beton ditegangkan dahulu. Batang baja ini tetap mempunyai tegangan sampai beton yang dituang mengeras. bagian balok beton ini walaupun menahan lenturan tidak akan terjadi retak.

6. Beton Pracetak

Beton biasa dicetak atau dituang di tempat namun dapat pula dicetak di tempat lain, fungsinya di cetak di tempat lain agar memperoleh mutu yang lebih baik. Selain itu dipakai jika tempat pembuatan beton sangat terbatas. Sehingga sulit menyediakan tempat percetakan perawatan betonnya.

7. Beton serat

Beton serat adalah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat.

8. Beton non pasir

Beton non pasir adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya. Rongga dalam beton mencapai 20-25 %.

9. Beton siklop

Beton ini sama dengan beton biasa, bedanya digunakan agregat dengan ukuran besar-besar. Ukurannya bisa mencapai 20 cm. Namun, proporsi agregat yang lebih besar tidak boleh lebih dari 20 %.

10. Beton hampa (*Vacuum Concrete*)

Beton ini dibuat seperti beton biasa, namun setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi disedot dengan cara khusus, disebut cara vakum (*vacuum method*). Dengan demikian air yang tinggal hanyalah air yang dipakai sebagai reaksi dengan semen sehingga beton yang diperoleh sangat kuat.

11. Mortar

Mortar sering disebut juga mortel atau spesi ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat, kapur dan semen portland.

II.2 Bahan Campuran Beton

Bahan pembentuk beton terdiri dari semen sebagai pengikat, agregat (halus dan kasar alami) untuk bahan pengisi dan air berfungsi sebagai pencampur dan *additive* sebagai bahan tambah.

II.2.1 Semen *Portland*



Gambar II. 1 Sement *Portland*
Sumber: (PT. Tiga Roda)

Semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Perekat inilah yang menimbulkan reaksi memadat dan membentuk massa yang keras. Semen dikelompokkan ke dalam dua jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis. Semen hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air, sedangkan semen non-hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang bila dicampur dengan air menghasilkan produk yang dapat mengeras setelah bereaksi dengan karbondioksida, bukan dengan air (Fathonah et al. 2022)

Penggunaan semen *Portland* di Indonesia harus memenuhi syarat pada (SNI-15-2049-2004) Terdapat lima jenis semen *portland* berdasarkan jenis dan penggunaan, yaitu sebagai berikut :

1. Jenis 1 yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis 2 yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis 3 yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis 4 yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis 5 yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

II.2.2 Air

Air merupakan bahan dasar yang penting dalam pembuatan beton. Penggunaan air diperlukan agar dapat bereaksi dengan semen, serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat sehingga memudahkan dalam pengerjaan (*workability*) dan pemadatan. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih, tidak mengandung minyak, alkali, asam, zat organik atau bahan lain yang merusak kinerja beton. Air bereaksi dengan semen menghasilkan CSH dan CaOH. Kadar CaOH dapat merusak tulangan pada beton. Maka, untuk meminimalisir adanya kadar CaOH, air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Berdasarkan

(ASTM C 1602 2006) kriteria kandungan zat kimia yang terdapat dalam air dengan batasan tingkat konsentrasi tertentu dalam adukan beton.

II.2.3 Agregat

Agregat adalah material yang digunakan dalam campuran beton. Agregat terdiri dari bahan-bahan seperti pasir, kerikil, dan batu pecah yang dicampurkan dengan semen dan air untuk membentuk beton. Agregat bertindak sebagai pengisi dalam campuran beton dan memberikan kekuatan pada beton.



Gambar II. 2 Agregat Halus

Sumber: <https://nadyameichristinak117.wordpress.com/2018/10/08/agregat/>

1. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan harus memenuhi persyaratan tertentu seperti ukuran butir, kehalusan, dan kebersihan. Agregat halus yang baik akan menghasilkan beton yang lebih kuat dan tahan lama. Selain itu, agregat halus juga mempengaruhi sifat aliran beton dan kemudahan dalam pengadukan. Agregat halus yang digunakan untuk campuran pembuatan beton memiliki syarat-syarat yang harus dipenuhi. Menurut (SNI 04-1989) syarat-syarat tersebut adalah :

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- b. Butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- c. Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila melebihi agregat halus harus dicuci.
- d. Agregat halus tidak banyak mengandung zat organik.

- e. Modulus halus butir antara 1,5 – 3,8 dengan variasi butir sesuai standar gradasi, berikut standar gradasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel II. 1 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Batas % Berat yang Lewat Ayakan			
	Umum	Khusus		
		Kasar	Sedang	Halus
10,00	100	-	-	-
5,00	89 – 100	-	-	-
2,36	60 – 100	60 - 100	65-100	80 – 100
1,18	30 – 100	30 - 90	45-100	70 - 100
0,60	15 – 100	15 - 54	25 – 80	55 – 100
0,30	5 – 70	5 - 45	5 – 40	5 - 70
0,15	0 – 15			

Sumber: (SNI 03-2194 1992)

2. Agregat Kasar



Gambar II. 3 Agregat Kasar

Sumber: <https://nadyameichristinakl17.wordpress.com/2018/10/08/agregat/>

Agregat Kasar adalah hasil disintegrasi alami batuan pecah atau bahan yang diperoleh dari industri pemecah batu. Agregat kasar harus memenuhi syarat (ASTM C33-03 2003) sebagai berikut :

- Kekerasan dari butir-butir agregat diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff, atau dengan mesin pangaus Los Angles dimana tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50%.
- Berat jenis (*specific Gravity*) Pengujian berat jenis agregat kasar ditujukan untuk mendapatkan *Bulk specific gravity*, *Bulk specific gravity SSD*, *Apparent specific gravity* dan *Absorbtion*. Nilai *Bulk specific gravity SSD* agregat kasar yang disyaratkan 2,5-2,7 gr/cc.

- c. Terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Kerikil yang berpori akan mudah menghasilkan beton yang mudah ditembus air. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butirannya tidak melebihi 20% berat agregat seluruhnya.
- d. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila lebih dari 1% maka agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu.

Tabel II. 2 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	% Berat yang Lewat Ayakan		
	40 - 5 mm	20 - 5 mm	10 - 5 mm
50,0	100	-	-
37,5	95 - 100	100	100
20,0	35 - 70	95 - 100	90 - 100
10,0	10 - 40	30 - 60	50 - 85
5,0	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Sumber: (SNI 03-2194-1992)

II.3 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah adalah yang ditambahkan ke dalam campuran beton dengan tujuan untuk mengubah sifat dan karakteristik beton. Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Zat kimia tambahan tersebut biasanya berupa serbuk atau cairan yang secara kimiawi langsung mempengaruhi kondisi campuran beton. Sedangkan bahan tambah mineral berupa material atau bahan yang mirip dengan agregat kasar atau halus yang mempunyai karakteristik tertentu. Penambahan bahan kimia atau mineral tambahan ini diharapkan dapat merubah performa dan sifat-sifat campuran beton sesuai dengan kondisi dan tujuan yang diinginkan, serta dapat pula sebagai bahan pengganti sebagian dari material utama penyusun beton.

1. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*) tujuan penggunaan bahan tambah pada campuran beton menurut standar (ASTM C494 2013) tujuh jenis *chemical admixture* sebagai berikut :
 - a. Tipe A : *Water Reducer (WR)* atau *plasticizer*.

Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang digunakan. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen

lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.

b. Tipe B : *Retarder*

Bahan kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini diperlukan apabila dibutuhkan waktu yang cukup lama antara pencampuran/pengadukan beton dengan penuangan adukan. Atau dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh.

c. Tipe C : *Accelerator*

Bahan kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera.

d. Tipe D : *Water Reducer Retarder (WRR)*

Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.

e. Tipe E : *Water Reducer Accelerator*

Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan.

f. Tipe F : *High Range Water Reducer (Superplasticizer)*

Bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12 % atau bahkan lebih.

g. Tipe G : *High Range Water Reducer (HRWR)*

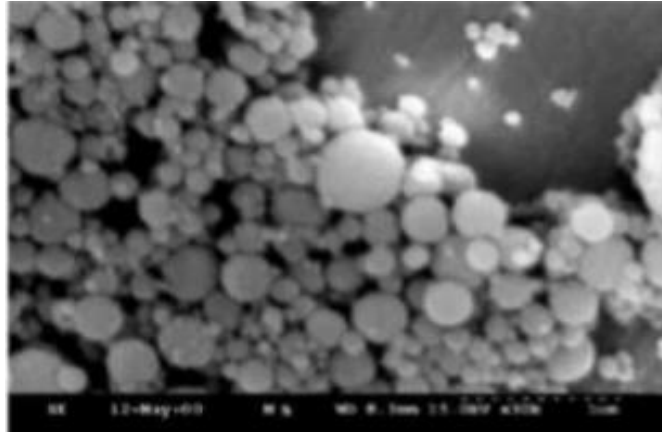
Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

2. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Bahan tambahan mineral ini dikenal sebagai *additive*, yaitu bahan-bahan mineral yang ditambahkan pada campuran beton untuk merubah sifat dan karakteristik. Tujuan utama dari pemakaian zat *additive* yaitu untuk memperbaiki kemampuan kuat tekan yang dimiliki oleh beton tersebut. Contoh zat *additive* untuk beton termasuk *Silica fume* dan *Fly ash*. *Silica Fume* digunakan sebagai *pozzolan*

dalam beton untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanannya terhadap korosi.

II.3.1 Silica Fume



Gambar II. 4 *Silica Fume* Dilihat Secara Mikroskopis
Sumber: (Mehta, Kumar P, Monteiro, 2006)

Silica fume adalah bahan tambahan beton yang digunakan untuk meningkatkan kuat tekan beton. Sesuai dengan spesifikasi Silica fume yang digunakan dalam *Standard for Hydraulic Cement Concrete and Mortar* (ASTM C-618-03 2003), ialah material yang mengandung SiO₂ lebih dari 85% serta material Silica fume memiliki bentuk bulat yang sangat halus dan mempunyai diameter lebih kecil dari semen yakni 0,1 µm sedangkan mikrosilika adalah campuran mineral yang terdiri dari bola silikon dioksida (SiO₂) padat yang sangat halus adapun yang membedakannya ialah sebagian besar partikel mikrosilika berdiameter 0,1 mikron hingga 0,3 µm. Silica fume memiliki peran penting dalam mempengaruhi sifat kimia serta mekanik beton diantaranya. Dari sifat kimianya, material Silica fume dapat menempati celah antar semen serta dapat menyebabkan pori menjadi mengecil dan volume pori pada beton mengecil. Sementara itu, dari sifat mekaniknya, material Silica fume mempunyai reaksi yang disebut *pozzolan* yang bisa bereaksi terhadap semen yang dilepaskan oleh batu kapur.

Kelebihan dalam penggunaan Silica Fume dapat ditinjau pada dua kondisi menurut (Tarru 2018) :

1. Saat beton dalam proses pengikatan :
 - a. Memudahkan pengerjaan (*workability*)
 - b. Mengurangi perembesan air dan beton (*bleeding*)

- c. Memberikan waktu pengikatan (*setting time*) yang lama
2. Saat beton dalam kondisi keras :
- a. Meningkatkan kuat Tarik
 - b. Meningkatkan kuat lentur
 - c. Memperkecil susut dan rangkak
 - d. Meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan dari lingkungan agresif
 - e. Sebagai penetrasi klorida
 - f. Permeabilitas lebih kecil,
 - g. Ketahanan terhadap keausan tinggi.

II.3.2 *Master Life SF 100*



Gambar II. 5 *Master Life SF 100*
Sumber: (Rivaldo, 2022)

Master Life SF 100 adalah bahan tambah yang mengandung *Silica fume* yang memiliki bentuk butiran yang sangat halus dan berwarna abu, adapun butiran pada *Silica fume* berfungsi untuk mengisi rongga-rongga yang ada didalam campuran beton sehingga porositas beton berkurang dan kuat tekan beton meningkat. *Silica fume* yang digunakan pada penelitian ini merupakan produksi dari BASF dan memenuhi persyaratan ASTM C 1240.

Adapun fungsi *Master Life Sf 100* adalah untuk membantu dalam produksi beton dengan kualitas khusus sebagai berikut :

1. Meningkatkan umur layanan beton
2. Peningkatan kekuatan

3. Peningkatan modulus elastisitas
4. Mengurangi permeabilitas sehingga meningkatkan daya tahan
5. Meningkatkan resistensi terhadap serangan sulfat
6. Peningkatan resistensi terhadap reaktivitas alkali-silika

II.4 Pengujian Material

Untuk membuat sampel beton, bahan-bahannya harus diuji terlebih dahulu untuk mengetahui jenis, ukuran, berat jenis, kadar lumpur, dan kadar air agregatnya. Hasil uji ini akan digunakan sebagai acuan untuk merancang komposisi beton yang sesuai. Uji material ini harus sesuai dengan standar dan kriteria yang berlaku agar data yang diperoleh dapat dimanfaatkan dalam perencanaan beton.

II.4.1 Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan agregat adalah proses untuk menentukan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan dengan ukuran lubang tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi atau pembagian ukuran partikel agregat halus dan kasar yang digunakan dalam campuran beton (SNI ASTM C 136-2012)

II.4.2 Berat Isi Agregat

Pengujian berat isi agregat bertujuan untuk menentukan nilai rasio antara berat agregat dan volume yang diisi oleh agregat tersebut. Hasil dari pengujian ini sangat penting dalam proses perhitungan campuran beton, terutama jika pengukuran bahan menggunakan metode volume. Faktor-faktor seperti jenis, ukuran, bentuk, porositas, dan tingkat kelembaban agregat dapat memengaruhi nilai berat isi agregat.

II.4.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengidentifikasi berat jenis dan tingkat kelembaban dalam agregat. Hasil dari pengujian ini akan menghasilkan data seperti berat jenis dalam kondisi curah, berat jenis saat permukaan jenuh, berat jenis semu, dan angka penyerapan air. Pengujian ini akan digunakan dalam proses perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton.

II.4.4 Kadar Air

Pengujian kadar air agregat bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur jumlah air yang ada dalam agregat dengan metode pengeringan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data yang akurat tentang persentase air yang terkandung dalam agregat dalam kondisi kering. Pengujian ini dilakukan untuk mengoreksi jumlah air yang ditambahkan dalam campuran beton agar sesuai dengan karakteristik agregat.

II.4.5 Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur pada agregat bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur jumlah lumpur yang ada dalam agregat, baik yang halus maupun kasar. Lumpur ini merupakan endapan atau lapisan yang menutupi permukaan agregat dan dapat melewati ayakan No. 200. Tujuannya adalah untuk memahami sejauh mana agregat terkontaminasi dengan lumpur karena kandungan lumpur pada butiran agregat dapat mempengaruhi kualitas ikatan antara pasta semen dan agregat.

II.5 Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton menurut (Badan Standardisasi Nasional 1990) yaitu besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (\text{II.1})$$

Dengan :

$f'c$: Kuat tekan beton (Mpa)

P : beban Tekan (N)

A : luas penampang (mm²)

II.5 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, parameter-parameter yang paling penting mempengaruhi kekuatan beton menurut Edward G. Nawy (2009) antara lain :

a. Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) atau *water cement ratio* (wcr) adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton karena FAS merupakan perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Hubungan antara faktor air semen (FAS) dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duffs Abrams, (1998) :

$$fas = \frac{w}{c} \quad (II.2)$$

Dimana :

W : Berat air

C : Berat Semen

b. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut.

c. Jenis dan kualitas semen

Ada berbagai jenis semen yang dapat digunakan dalam pembuatan beton, misalnya semen dengan kadar alumina yang tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya 24 jam sama dengan semen *portland* biasa pada umur 28 hari.

d. Jenis dan lekuk bidang permukaan agregat

Kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan batu koral dari sungai. Kerikil yang licin menimbulkan tegangan yang lebih rendah dibandingkan dengan batu pecah yang kasar dan bersudut karena lekatan mekanis dipengaruhi oleh sifat-sifat permukaan dan bentuk agregat kasar.

e. Perawatan (*Curing*)

Perawatan berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama yang disebabkan oleh suhu. Sifat beton yang akan dihasilkan, terutama dari segi kekuatannya ditentukan oleh alat dan bahan yang digunakan pada proses *curing*.

II.6 Studi Terdahulu

Studi terdahulu merupakan beberapa hasil penelitian yang digunakan untuk mempelajari lebih lanjut dan berkenaan dengan pembahasan pada skripsi ini.

Tabel II. 3 Studi Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Variabel	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1	Samun Haris (2021)	Pengaruh Penggunaan Silica Fume Powder Terhadap Kuat Tekan Beton	Pengurangan penggunaan semen serta mengetahui kuat tekan yang dihasilkan penggunaan silica fume 5% dan 15% pada umur beton 7 hari dan 28 hari	Silica fume powder 15% diperoleh sebesar 35.96 Mpa pada umur 28 hari dapat meningkatkan kuat tekan beton.	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana $f'c = 25$ MPa.

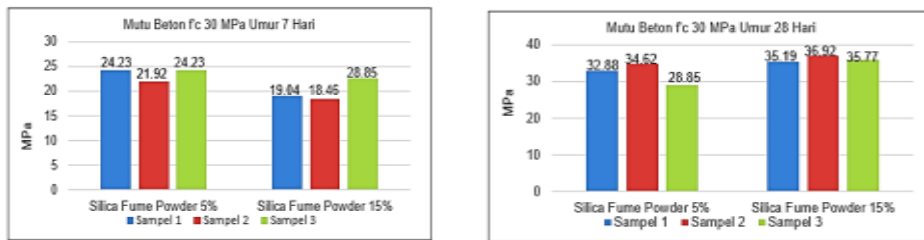
2	Anung Sudibyo (2021)	Pengaruh Penggunaan Silica Fume dengan Material Batu Laterit sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton	substitusi sebesar 20% dengan batu Laterit serta semen disubstitusi dengan Silica fume dengan variasi 0%, 5%, 7.5%, 10%, dan 12.5%.	dengan Silica fume 10% pada umur 28 hari sebesar 26.47 MPa, nilai ini melebihi kuat tekan beton normal yaitu 26.26 MPa	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana $f'c = 25$ MPa
3	Ankur Mehta (2019)	<i>Silica Fume and Waste Glass in Cement Concrete Production</i>	Penambahan silica fume sebanyak 10%, 15%, 20%, dan 25%	Penggunaan 15% silica fume mendapatkan hasil yang optimum, Penambahan silica fume di atas 20% menurunkan kekuatan beton akibat penurunan kandungan kalsium hidroksida seiring dengan peningkatan <i>kandungan</i> silica fume	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana $f'c = 25$ MPa.
4	Mazaya Btari Gina (2019)	Kualitas Beton Berpori Dengan Bahan Tambah Silica Fume Sebagai Bahan Perkerasan Kaku	Variasi presentase silica fume pada campuran beton yaitu sebanyak 0%, 3%, 6%, dan 9% dari berat semen	Beton berpori dengan silica fume 9% menghasilkan nilai tertinggi pada hampir semua pengujian untuk beton segar dan keras	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana $f'c = 25$

		Yang Ramah Lingkungan			MPa.
5	Irzal Agus (2018)	Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Zat Additif Sika Fume (Gradasi Lolos ½", Tertahan 3/8" dan Tertahan no 4)	Penambahan Sika fume dalam penelitian dilakukan dengan empat variasi, yaitu 2,5%, 5%, 7,5%, 10% Sika Fume	Kuat tekan beton optimum pada persentase 2,5% sebesar 443,4 kg/cm ² , dari hasil uji kuat tekan akhir umur 28 hari	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana f'c = 25 MPa.
6	Partogi H. Simatupang (2017)	Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan <i>Reactive Powder Concrete</i>	Komposisi dari silica fume adalah 0%, 9%, 18%, 27%, 36% dan 45% dari masa semen dengan mutu rencana 40 Mpa	Presentase optimal <i>silica fume</i> adalah 27%, semakin besar presentase silica fume maka semakin meningkat pula berat jenis dan nilai kuat tekan akan meningkat sampai pada kuat tekan optimum	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana f'c = 25 MPa.
7	Reni Oktaviani Tarru	Studi Penggunaan Silica Fume Sebagai Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	Membandingkan sampel beton yang dibuat dalam kondisi normal dengan sampel beton	Penambahan silica fume sebagai pengisi campuran beton dapat mempengaruhi kuat tekan beton	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada

	(2017)	Pada Campuran Beton	yang menggunakan silica fume sebagai bahan pengisi (<i>filler</i>) sebesar 5%, 10%, dan 15%	karena dengan penambahan presentase silica fume kenaikan kuat tekan beton dari normal dengan menggunakan <i>silica fume</i> 15% pada umur 28 hari pertambahannya sebesar 8,07%	umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana $f'c = 25$ MPa.
8	Mohammad S.Nasr (2016)	<i>Pozzolanic Activity and Compressive Strength of Concrete Incorporated nano/micro silica</i>	Menggunakan tiga perbandingan beton. yaitu untuk nano silika menggunakan tiga proporsi nano silika (0,5%, 5%, & 10%), <i>micro silica</i> (5%, 10% & 15%) dan penggabungan nano silika dan <i>micro silica</i> dengan variasi (0,5N+9,5M, 1,5N+8,5M, dan 3N+7M%) dengan umur beton 7,28 & 90 hari.	Untuk campuran <i>microsilica</i> , rasio peningkatan yang lebih tinggi ditemukan pada campuran <i>micro silica</i> 15% pada umur 90 hari.	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana $f'c = 25$ MPa.
9	Devansh Jain (2014)	<i>A Review of Effect of Micro Silica in Concrete</i>	Menambahkan silica fume ke beton variasi 0%, 5%, 10%, 15%	Penambahan kadar silica fume 15% mendapatkan hasil kuat tekan beton optimum sebesar 48.3 dengan umur	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada

				beton 28 hari	umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana $f'c = 25$ MPa.
10	Herri Mahyar (2013)	Pemakaian <i>Additive Micro Silica</i> Dalam Campuran Beton untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Normal	Komposisi sika fume 0%, 5%, 10%, 15, dan 20%. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 5 buah untuk setiap sampel.	Kuat tekan beton maksimal pada umur 28 hari untuk silinder beton 34 MPa dengan menggunakan kadar semen 370 kg/m ³ , fas 0,5 dan penambahan sika fume 15 %	Kadar bahan tambah Silica fume yang digunakan 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan kuat tekan rencana $f'c = 25$ MPa.

1. Pengaruh Penggunaan *Silica Fume Powder* Terhadap Kuat Tekan Beton (Samun Haris, 2021)

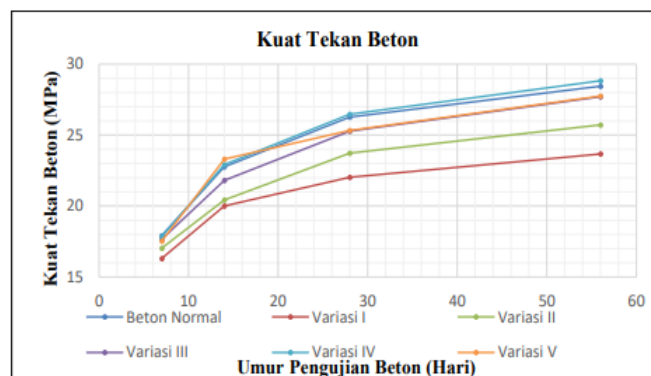


Gambar II. 6 Perbandingan Kuat Tekan *Silica Fume Powder* 5% dan 15%

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bahan tambah pengaruh silica fume powder dengan variasi 5% dan 15% pada umur 7 hari dan 28 hari masing masing 3 benda uji silinder. Dari hasil pengujian kuat tekan silica fume powder 5% umur 7 hari diperoleh sebesar 23.46 MPa (78.21%) dan untuk silica fume powder 15% diperoleh sebesar 20.0 MPa (66.67%), dan silica fume powder 5% pada umur 28 hari diperoleh sebesar 32.12 MPa (107.05%) dan untuk silica fume powder 15% diperoleh sebesar 35.96 MPa (119.87%). Kesimpulan pada umur 7 hari kuat tekan dengan kandungan silica fume powder 5% lebih besar dari pada 15% dan umur 28 hari kuat tekan silica fume powder 15% lebih besar dari 1 pada 5%. Ini menunjukkan silica fume powder memiliki sifat mereduksi panas semen dan meningkatkan kuat tekan pada umur beton tua.

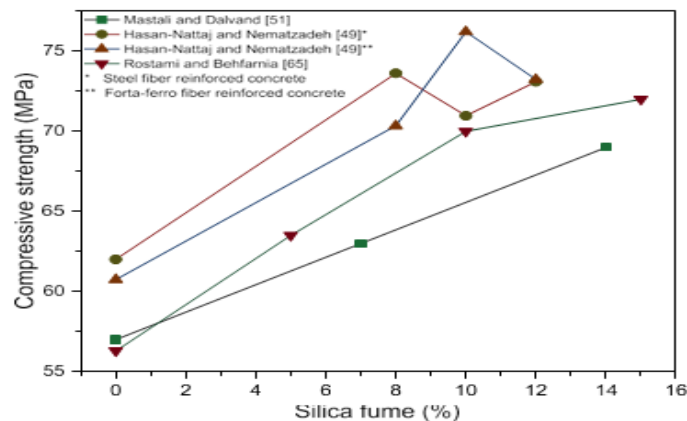
2. Pengaruh Penggunaan *Silica Fume And Waste Glass in Cement Concrete Production* (Anung Sudibyo, 2021)

Gambar II. 7 Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Terhadap Variasi *Silica Fume*



Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh silica fume sebagai substitusi sebagian dari semen dan batu laterit terhadap nilai kuat tekan beton. Variasi pada kadar silica fume yaitu 0%, 5%, 7.5%, 10% dan 12.5%. Dari hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh beton dengan substitusi agregat kasar 20% dan substitusi semen dengan Silica Fume 10% pada umur 28 hari sebesar 26.47 MPa, nilai ini melebihi kuat tekan beton normal yaitu 26.26 MPa dan beton dengan Laterit 20% dan Silica fume 0% yaitu 22.03 MPa. Jadi kesimpulan penggunaan Silica Fume dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan substitusi batu laterit menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan beton normal.

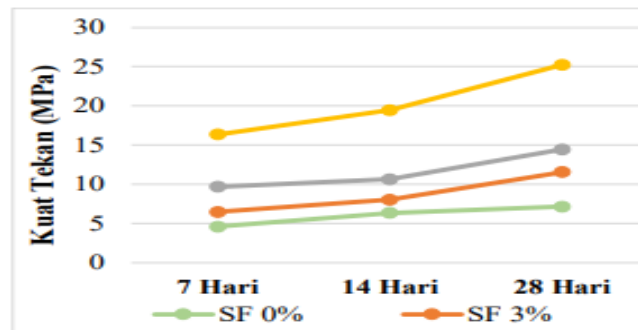
3. *Silica Fume and Waste Glass in Cement Concrete Production (Ankur Mehta, 2019)*



Gambar II. 8 Nilai Kuat Tekan Beton Untuk Beberapa Variasi *Silica Fume*

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh silica fume sebagai bahan tambah dalam menaikkan nilai kuat tekan beton. Adapun variasi yang digunakan ialah 10%, 15%, 20% dan 25% berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan bahan tambah silica fume 15% mendapatkan nilai kuat tekan beton yang optimum dan pada kadar 20% menurunkan kuat tekan beton akibat kandungan kalsium hidroksida seiring dengan peningkatan kandungan silica fume.

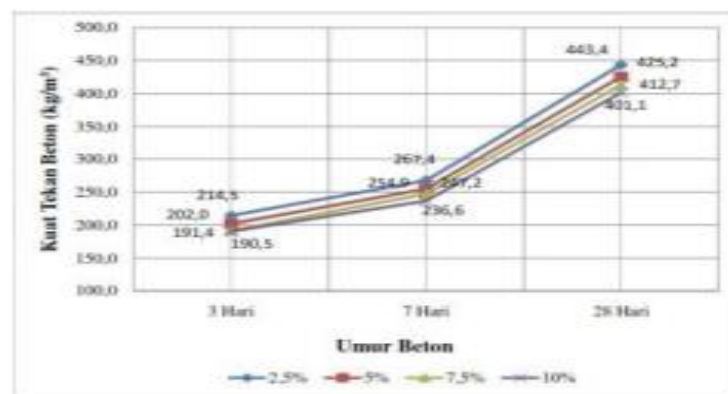
4. Kualitas Beton Berpori Dengan Bahan Tambah *Silica Fume* Sebagai Bahan Perkerasan Kaku (Mazaya btari Gina, 2019)



Gambar II. 9 Perbedaan Nilai Kuat Tekan Beton Antara Tiap Variasi *Silica Fume*

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh penggunaan silica fume terhadap kualitas beton berpori. Tiap benda uji fas 0,27 variasi terdapat pada presentase 005, 3%, 6%, 9%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beton berpori dengan silica fume 9% menghasilkan nilai kuat tekan beton tertinggi . Dapat dilihat dari garafik diatas persamaan regresi linear yang didapat pada umur 7 hari adalah $Y= 3,498 + 1,248x$ dengan nilai R^2 berpengaruh besar sebesar 92% dan juga pengujian 14 hari dan 28 hari kenaikan.

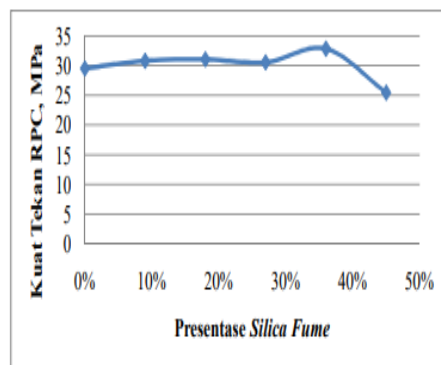
5. Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Zat *Additif Sika Fume* (Gradasi lolos ½ “ , Tertahan 3/8 “ dan Tertahan no 4) (Irzal Agus, 2018)



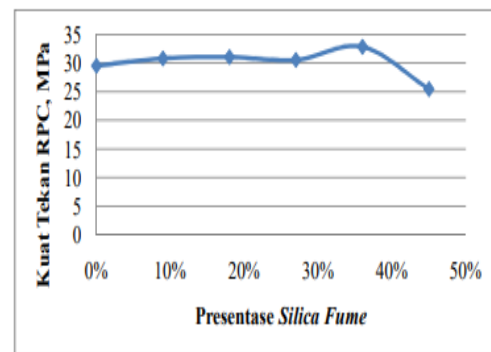
Gambar II. 10 kuat Tekan Beton Dengan Penamabahan Sika Fume 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku pengaruh penambahan sika fume sebagai bahan tambah pada campuran beton sderta mengetahui berapa kuat tekan beton pada umur 3, 7, 24 dan 28 hari dengan variasi 2,5%, 5%, 7.5%, 10%. Hasil pengujian dengan penambahan sika fume sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% terhadap semen dapat meningkatkan kuat tekan beton. Pada pengujian kuat tekan Beton pada umur 3 hari sebesar Hasil penelitian mengatakan bahwa dengan penggunaan Sika Fume 2,5% pada umur 28 hari dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 443,4 kg/cm² .

6. 11Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Reactive Powder Concrete (Partogi H. Simatupang, 2017)



Gambar 5. Grafik kuat tekan rerata percobaan I



Gambar 5. Grafik kuat tekan rerata percobaan I

Gambar II. 11 Perbandingan Kuat Tekan Percobaan 1 dan 2

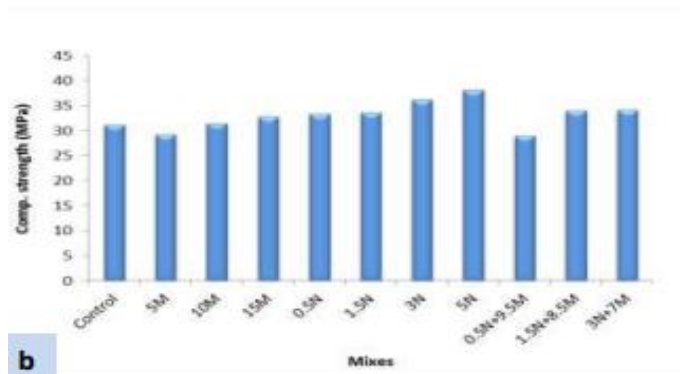
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan *reactive powder concrete* akibat penambahan komposisi silica fume dengan variasi 0%, 9%, 18%, 27%, 36% dan 45%. Pada pengujian ini melakukan dua kali percobaan. Yang membedakannya pada percobaan kedua ditambahkan *superplasticizer* dua kali data awal. Hasil percobaan II kuat tekan rerata untuk variasi 0% = 42,02 MPa, 9% = 43,29 MPa, 18% = 45,83 MPa, 27% = 48,38 MPa, 36% = 43,29 MPa dan 45% = 42,02 MPa. Presentase optimal silica fume adalah 26,28%.

7. Studi Penggunaan *Silica Fume* sebagai Bahan Pengisi (Filler) (Reni Oktaviani Tarru, 2017)



Gambar II. 12 Presentase Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan *Silica Fume* dengan Beton Normal

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan sampel beton yang dibuat dalam kondisi normal dengan sampel beton yang menggunakan silica fume sebagai bahan pengisi (filler) dengan variasi 5%, 10% dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton normal pada umur 28 hari yaitu 37,10 MPa, untuk penambahan 5% silica fume $f'c = 40,39$ Mpa, dan untuk penambahan 10% silica fume $f'c = 41,88$ Mpa, penambahan 15% silica fume $f'c = 43,62$ Mpa.



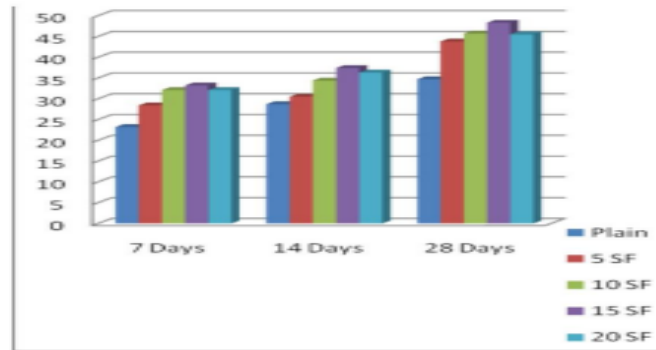
8. *Pozzolanic Activity and Compressive Strengh of Concrete Incorporated Nano/Microsilica* (Mohammad S. Nasr, 2016)

Gambar II. 13 Perbandingan Kuat Tekan Variasi Bahan Tambah

Penelitian ini dilakukan dengan tiga perbandingan dengan bahan tambah yang berbeda bertujuan untuk membandingkan kuat tekan beton yang tinggi. Pada grafik

diatas dapat dilihan pada variasi 5m, 10m, dan 15m menunjukkan uji kuat tekan beton mikrosilika bahwa mikrosilika 15m pada umur 90 hari peningkatanya lebih tinggi.

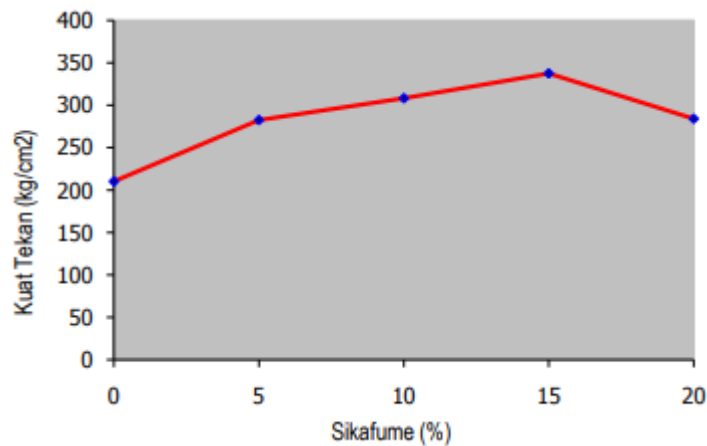
9. A Review of Effect Microsilica in Concrete (Devansh Jain, 2021)



Gambar II. 14 Perbandingan Kuat Tekan Variasi Silica Fume

Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi semen dan menggantinya dengan bahan limbah seperti silica fume dengan cara menambahkan silica fume pada campuran beton. Pada penelitian ini melakukan dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%. Pada garafik diatas dapat dilihat bahwa silica fume berpengaruh dalam menaikkan mutu beton . Silica fume pada kadar 15% menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 48.3 MPa pada umur 28 hari.

10. Pemakaian Additive Microsilica Dalam Campuran Beton Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Normal (Herri Mahyar, 2013)



Gambar II. 15 Kuat Tekan Beton Terhadap Penambahan Sika Fume

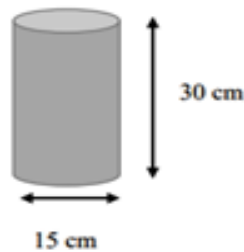
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penambahan zat *additive* yaitu sika fume. Komposisi bahan yang digunakan sama pada kondisi fas 0,5. Penambahan sikafume dibeton dicampur dengan komposisi 0%, 5%, 10%, 15, dan 20%. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 5 buah untuk setiap sampel. Pengujian kuat tekan dilakukan umur 3,7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan optimum pada kadar sika fume 15% dengan nilai kuat tekan beton 34 Mpa pada umur 28 hari.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

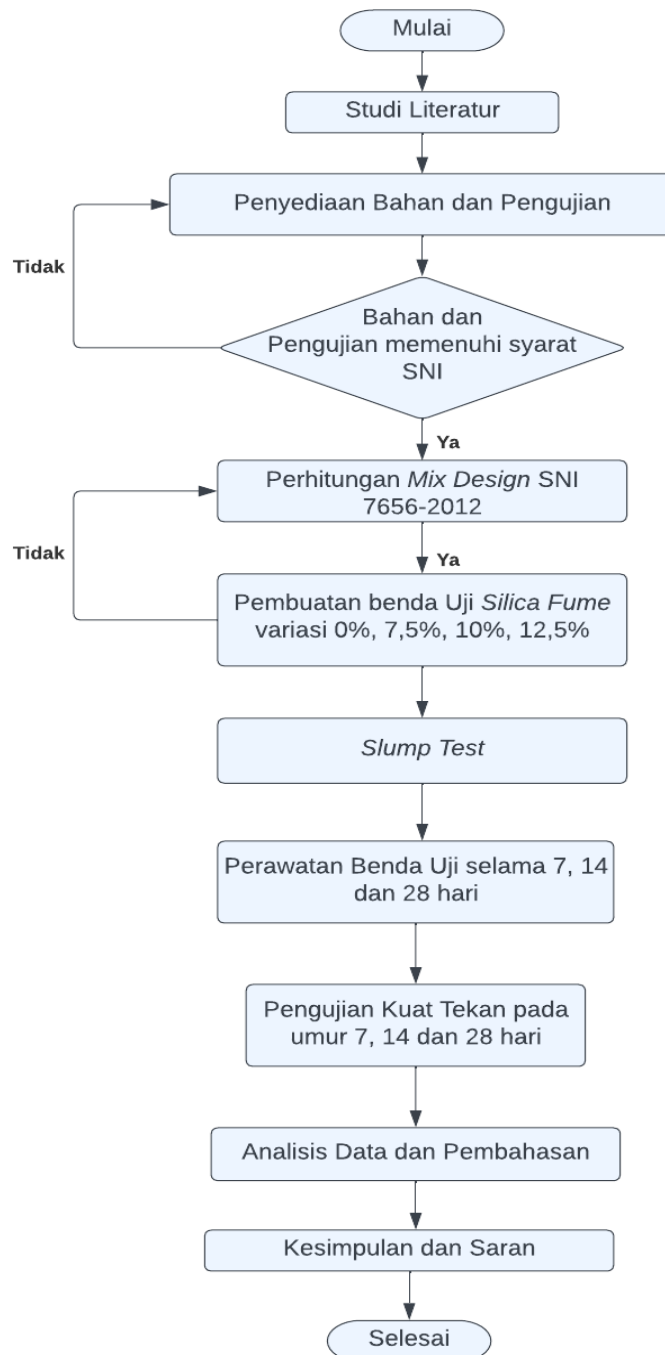
III.1 Umum

Metodologi penelitian adalah proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang digunakan untuk keperluan penelitian. Dalam metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, adapun objek masalah dalam penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh Silica fume terhadap kuat tekan beton pada umur ke- 7 hari, 14 hari dan 28 hari.



Gambar III. 1 Bentuk Silinder

Penelitian ini dilakukan untuk pengumpulan data. Pengumpulan data menggunakan data primer yang dimana didapatkan langsung di lapangan. Dan juga menggunakan data sekunder yang dimana bisa didapatkan melalui buku-buku dan jurnal. Data tersebut mencakup nilai-nilai kuat tekan beton campuran dan perbandingan antara beton yang memiliki masing masing variasi bahan tambah. Adapun diagram alir yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :



Gambar III. 2 Diagram Alir Penelitian

III.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu tahapan pengumpulan satu dan bahan acuan yang berkaitan dengan masalah dalam fokus penelitian. Dari data-data hasil penelitian tersebut kemudian dibahas, dianalisa, dan diolah sesuai dengan acuan yang ada dan pernah dilakukan oleh penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas.

III.3 Persiapan Bahan

Dibawah ini adalah bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Semen *portland* (PPC) yaitu semen portland tipe 1 dengan merk Semen Tiga Roda dengan berat 50 kg.
2. Agregat kasar yang berasal dari Bandung.
3. Agregat halus yang berasal dari Bandung.
4. Air berasal dari Laboratorium.
5. Bahan tambah yaitu *Silica fume* dengan merk *Master Life Sf 100*.

III.4 Persiapan Alat

Berikut alat alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Ayakan
Ayakan dalam material pembuatan beton berfungsi untuk menyaring agregat kasar dan halus yang digunakan dalam campuran beton.
 - a. Ayakan yang digunakan untuk mengetahui gradasi pasir yaitu dengan lubang 9.5 mm, 4.5 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, dan 0.15 mm.
 - b. Ayakan yang digunakan untuk mengetahui gradasi kerikil (batu pecah) yaitu dengan lubang 76 mm, 38 mm, 25 mm, 19 mm, 12.7 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 1.18 mm, 0.30 mm, dan 0.15 mm.
 - c. Untuk memisahkan agregat berdasarkan lubang, maka ayakan dilengkapi dengan penutup pada bagian paling atas dan alat penggetar.
2. Timbangan
Timbangan yang digunakan pada penelitian ini diperlukan untuk menimbang berat material sesuai dengan *mix design* merupakan timbangan digital yang mempunyai kapasitas 100 kg.
3. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air, misalnya pada waktu pemeriksaan kandungan kadar lumpur dan waktu pembuatan benda uji.

4. Piknometer

Alat ini digunakan untuk memeriksa berat jenis dan penyerapan agregat pasir.

5. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air kayu, berat jenis dan gradasi agregat.

6. Alat *Slump*

Kerucut Abram berserta tilam pelat baja dan tongkat besi digunakan untuk mengukur kelecakan suatu adukan beton dengan pengujian slump test. Ukuran kerucut Abram adalah berdiameter 20 cm, diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm.

7. Cetakan Silinder Beton

Cetakan beton yang digunakan untuk mencetak benda uji terbuat dari bahan baja berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

8. Tongkat Baja

Alat ini digunakan untuk pemadatan pada pengujian *slump* dan cetakan beton.

9. Mesin Pengaduk Beton (*concrete mixer*)

alat pengaduk beton ini digunakan untuk mencampur adukan beton.

10. *Compression Testing Machine* (CTM)

Alat ini digunakan untuk melakukan pengujian kuat tekan pada beton.

11. Bak Perendam

Alat ini digunakan untuk merendam benda uji selama proses perawatan pada benda uji.

12. Alat Bantu

Selama proses pembuatan benda uji digunakan beberapa alat bantu di antaranya adalah gelas ukur, sendok semen, *stopwatch* dan mistar.

III.5 Benda Uji

Benda yang akan dibuat berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan benda uji yang di buat pada pengujian ini berjumlah 9 benda uji per *mix design*. Artinya 36 benda uji yang dibuat dari 4 *mix design* , yaitu 9 benda uji beton normal dan 27 benda uji beton yang dicampur dengan Silica fume dengan kadar

10%, 12,5% dan 15%. Karena pengujian kuat tekan beton dilaksanakan tiga kali yaitu pada hari ke 7, 14 dan 28 hari. Maka dari ke 36 benda uji tersebut digolongkan menjadi tiga, yaitu tiga benda uji untuk hari ke 7, tiga benda uji untuk hari ke 14 hari dan tiga benda uji untuk 28 hari. Berikut Rencana sampel untuk penelitian, analisa kuat tekan beton dengan penambahan zat aditif Silica fume sebagai berikut.

Tabel III. 1 Rencana Penamaan Sampel

No	Kadar Silica Fume	Umur Benda Uji (Hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel
1	0%	7	I-0-7	3
		14	I-0-14	3
		28	I-0-28	3
2	7,5%	7	I-7,5-7	3
		14	I-7,5-14	3
		28	I-7,5-28	3
3	10%	7	I-10-7	3
		14	I-10-14	3
		28	I-10-28	3
4	12,5%	7	I-12,5-7	3
		14	I-12,5-14	3
		28	I-12,5-28	3
Total				36

Keterangan :

I : Benda Uji berbentuk silinder

0 : Kadar Silica fume 0%

7 : Umur beton 7 hari

III.6 Pengujian Karakteristik Material

Bahan yang digunakan pada penelitian diantaranya agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen type 1, air serta penambahan Silica fume sebagai bahan tambah pada campuran beton dengan kadar sebesar 0%, 10%, 12,5%, 15%.

III.6.1 Pengujian Agregat

Persiapan dan pemeriksaan bahan susunan beton, bahan dan tahapan meliputi :

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, memenuhi syarat (SNI - 1970-1990)
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, memenuhi syarat (SNI- 1969-1990)
3. Pengujian analisa saringan agregat halus, memenuhi syarat (SNI 1968-1990)
4. Pengujian analisa saringan agregat kasar, memenuhi syarat (SNI 1968-1990)
5. Pengujian berat volume gembur dan berat volume pada agregat agregat halus, memenuhi syarat (SNI 4804-1998)
6. Pengujian berat volume gembur berat volume pada agregat kasar, memenuhi syarat (SNI 4804-1998)
7. Pengujian butiran lolos ayakan no. 200 atau uji kandungan lumpur dalam pasir, memenuhi syarat (SNI 4142-1996)

III.7 Perencanaan Pembuatan Campuran (*Mix Design*)

Pada tahap perencanaan campuran bahan pembuat beton atau *mix design* menggunakan metode SNI 7656-2012 untuk mengetahui proporsi semen, agregat halus, agregat kasar, air dan zat aditif agar diperoleh kuat tekan beton.

III.7.1 Langkah-Langkah Perencanaan Campuran Beton

1. Menentukan mutu beton rencana dan nilai *slump* rencana.
2. Menentukan ukuran maksimum agregat.
3. Menentukan berat jenis dan kadar air agregat.
4. Menentukan berat jenis semen.
5. Menentukan faktor air-semen .
6. Menentukan kebutuhan air pencampuran.
7. Menentukan kebutuhan agregat halus dan kasar dalam pencampuran.

8. Menghitung presentase kadar zat aditif Silica fume 0%, 10%, 12,5%, 15% dari berat semen.
9. Membuat benda uji dan menguji kuat tekan beton.

III.7.2 Langkah-Langkah pembuatan benda uji

1. Menimbang berat semen, pasir, batu pecah, air dan Silica fume yang telah direncanakan.
2. Memasukkan batu pecah dan pasir ke dalam mesin adukan yang sedang beroperasi, aduk campuran hingga merata antara batu pecah dengan pasir.
3. Setelah campuran batu pecah dan pasir tercampur merata, masukkan semen ke dalam mesin adukan sampai terjadi pencampuran yang merata.
4. Secara perlahan, tuangkan air ke dalam mesin adukan untuk mengendalikan tingkat kekentalan campuran beton segar.
5. Tambahkan Silica fume ke dalam campuran beton segar.
6. Setelah pengadukan cukup merata, dilakukan pengujian nilai *slump*.

III.8 Slump Test

Pengujian *slump* adalah untuk mengetahui konsistensi beton yang akan dicor dan memastikan bahwa beton tersebut memenuhi standar yang ditetapkan, Untuk menentukan nilai *slump* yang dibutuhkan, pemilihan nilai *slump* ditentukan oleh penggunaan beton untuk tipe konstruksi yang direncanakan. Berikut ini nilai *slump* berdasarkan SNI 7656-2012 :

Tabel III. 2 Pemilihan Nilai *Slump*

Tipe Kontruksi	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Pondasi beton bertulang (dinding, dan pondasi telapak)	7,5	2,5
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah	7,5	2,5
Balok dan dinding bertulang	10	2,5
Kolom bangunan	10	2,5
Perkerasan dan pelat lantai	7,5	2,5
Beton massa	5	2,5

III.8.1 Langkah-langkah Pengujian *Slump Test*

1. Kerucut *abrams* bagian dalam dan bagian luar dibersihkan dengan air
2. Cetakan kerucut diletakkan di atas plat baja

3. Masukkan campuran adukan beton ke dalam kerucut secara bertahap hingga 1/3 tinggi kerucut kemudian dipadatkan dengan cara menumbuknya menggunakan tongkat besi ujung bulat sebanyak 25 kali
4. Pengisian diselesaikan sampai dua lapis berikutnya dan dipadatkan dengan cara yang sama seperti sebelumnya sampai cetakan terisi penuh, selanjutnya pada bagian atas diratakan dengan sendok semen
5. Kemudian cetakan diangkat perlahan lahan tegak lurus ke atas
6. Mengukur penurunannya dari tinggi mula – mula, besar penurunan ini disebut nilai *slump test*.

III.9 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Setelah benda uji dituang ke dalam cetakan dan sudah didiamkan selama 24 jam, selanjutnya benda uji dibuka dan direndam di dalam bak air selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hal yang ini dilakukan untuk menjamin proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik dan proses pengerasan terjadi dengan sempurna sehingga tidak terjadi retak–retak pada beton dan mutu betonnya dapat terjamin.

III.10 Pengujian Benda Uji

Setelah beton selesai di *curing*, maka dilakukan pengetesan atau uji kuat tekan dengan benda uji berbentuk silinder. Benda uji kuat tekan beton yang akan di uji berbentuk silinder. Pada pengujian kuat tekan pada penelitian menggunakan *compression testing machine (CTM)*.

III.11 Perhitungan dan Analisis Data

Setelah melakukan pengujian, maka dapat dilakukan perhitungan dan analisis data sebagai berikut :

1. Menghitung kuat tekan beton pada benda uji silinder dengan umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari dan Silica fume sebagai bahan tambah.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi Silica fume pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan hasil kuat tekan kemudian dilakukan analisis data.
3. Dari hasil pengujian kuat tekan dibuat grafik perbandingan pengaruh antara beton normal dengan beton campuran (Silica fume) yang kemudian dilakukan analisis data.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Data Pengujian

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Pada tahapan ini melakukan penimbangan terhadap bahan meliputi agregat kasar dan agregat halus setelah penimbangan bahan dilakukan dan sesuai dengan data perhitungan maka kemudian selanjutnya dibuat benda uji. Pengujian pada benda uji beton yaitu melakukan perbandingan antara hasil pengujian beton tanpa memakai Silica fume sebagai contoh sampel kontrol dengan beton yang dipakai Silica fume sebagai sampel percobaan. Beton yang direncanakan memiliki kuat tekan rencana sebesar 25 MPa. Dimensi beton yang dibuat yaitu memiliki diameter 15 cm dan tinggi sebesar 30 cm. Pada perencanaan beton yang digunakan yaitu beton normal dan beton dengan campuran Silica fume dengan presentase kadar 0%, 10%, 12,5% dan 15%. Berikut ini detail penamaan dari sampel yang digunakan :

Tabel IV. 1 Detail Penamaan Benda Uji

Keterangan	Kode Penamaan	Umur	Jumlah	Keterangan	Kode Penamaan	Umur	Jumlah
Beton Normal	BN-1	7 Hari	1	Beton dengan bahan tambah silica fume 12,5%	SF 12,5% -1	7 Hari	1
	BN-2		1		SF 12,5%-2		1
	BN-3		1		SF 12,5%-3		1
	BN-4	14 Hari	1		SF 12,5%-4	14 Hari	1
	BN-5		1		SF 12,5%-5		1
	BN-6		1		SF 12,5%-6		1
	BN-7	28 Hari	1		SF 12,5%-7	28 Hari	1
	BN-8		1		SF 12,5%-8		1
	BN-9		1		SF 12,5%-9		1
Beton dengan bahan tambah silica fume 10%	SF 10% -1	7 Hari	1	Beton dengan bahan tambah silica fume 15%	SF 15%-1	7 Hari	1
	SF 10%-2		1		SF 15%-2		1
	SF 10%-3		1		SF 15%-3		1
	SF 10%-4	14 Hari	1		SF 15%-4	14 Hari	1
	SF 10%-5		1		SF 15%-5		1
	SF 10%-6		1		SF 15%-6		1
	SF 10%-7	28 Hari	1		SF 15%-7	28 Hari	1
	SF 10%-8		1		SF 15%-8		1
	SF 10%-9		1		SF 15%-9		1
Total	36						



Gambar IV. 1 Sampel Beton Yang Telah Diberikan Kode
Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Pada tabel 4.1 terdapat penamaan sampel dari masing-masing benda uji sesuai dengan variasi bahan tambah yang digunakan yaitu beton normal dengan kode BN, beton dengan campuran silica fume 10 % dengan kode SF10%, beton dengan *silica fume* 12,5% dengan kode SF 12,5% dan beton dengan campuran *silica fume* 15% dengan kode SF 15%. Pada setiap kode terdapat total 9 benda uji dengan masing masing 3 sampel pada setiap umur beton.

IV.1.1 Langkah-Langkah pembuatan benda uji

Dalam pengujian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah analisis agregat kasar yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Analisis Saringan Agregat Kasar

Dalam pengujian analisis saringan agregat kasar menggunakan SNI 2914-1992. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Data yang diperoleh dari pengujian analisis saringan agregat kasar adalah sebagai berikut.

a. Perhitungan Presentase Berat Tertahan

$$(\%)Tertahan = \frac{Berat\ Tertahan}{Berat\ Total} \times 100 \%$$

Berikut Contoh perhitungan berdasarkan nomor saringannya adalah sebagai berikut :

$$\text{No. 19 mm, } (\%)Tertahan = \frac{80}{2544} \times 100 \% = 3,14\%$$

$$\text{No. 9,5 mm, (\%)Tertahan} = \frac{1094}{2544} \times 100 \% = 43,0\%$$

b. Perhitungan Presentase Berat Tertahan Kumulatif

$$\text{(\%) Berat Tertahan Kumulatif} = \text{(\%) Berat Tertahan Kumulatif Atas} + \text{(\%) Berat Tertahan}$$

Contoh perhitungan berdasarkan nomor saringannya adalah sebagai berikut :

$$\text{No. 19 mm, (\%) Berat Tertahan Kumulatif} = 0\% + 3,14\% = 3,14\%$$

$$\text{No. 9,5 mm, (\%) Berat Tertahan Kumulatif} = 3,14\% + 43,0\% = 46,15\%$$

c. Perhitungan Persentase Lolos Kumulatif

$$\text{(\%) Lolos Kumulatif} = 100\% - \text{(\%) Berat Tertahan Kumulatif}$$

Contoh perhitungan berdasarkan nomor saringannya adalah sebagai berikut :

$$\text{No. 19 mm, (\%) Lolos Kumulatif} = 100\% - 3,14\% = 96,86\%$$

$$\text{No. 9,5 mm, (\%) Lolos Kumulatif} = 100\% - 46,15\% = 53,85\%$$

d. Perhitungan Modulus Kehalusan (*Finenes Modulus*)

Modulus Kehalusan

$$= \frac{\text{Jumlah berat tertahan kumulatif dari saringan 0,15 mm}}{100\%}$$

Berikut contoh perhitungan berdasarkan data pada sampel 1

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{664,44}{100\%} = 6,64$$

Tabel IV. 2 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1 (Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)	Batas Atas - Batas Bawah
75,0	-	-	-	-	-
37,5	-	-	-	-	100
19,0	213	4,23	4,23	95,77	100 - 95
9,5	2894	57,47	61,70	38,30	60 - 30
4,8	1854	36,81	98,51	1,49	10 - 0
0	75	1,49	100	0,00	0 - 0
Jumlah	5036	100			
Finenes Modulus				6,64	

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Tabel IV. 3 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)	Batas Atas - Batas Bawah
38,1	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	100
19	80	3,14	3,14	96,86	100 – 95
9,6	1094	43,00	46,15	53,85	60 – 30
4,8	1357	53,34	99,49	0,51	10 – 0
0	13	0,51	100	0,00	0 – 0
Jumlah	2544	100			
Finenes Modulus				6,48	

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Tabel IV. 4 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 3

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)	Batas Atas - Batas Bawah
38,1	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	100
19	56	2,25	2,25	97,75	100 – 95
9,6	1240	49,86	52,11	47,89	60 – 30
4,8	1133	45,56	97,67	2,33	10 – 0
0	58	2,33	100	0,00	0 – 0
Jumlah	2487	100			
6,52					

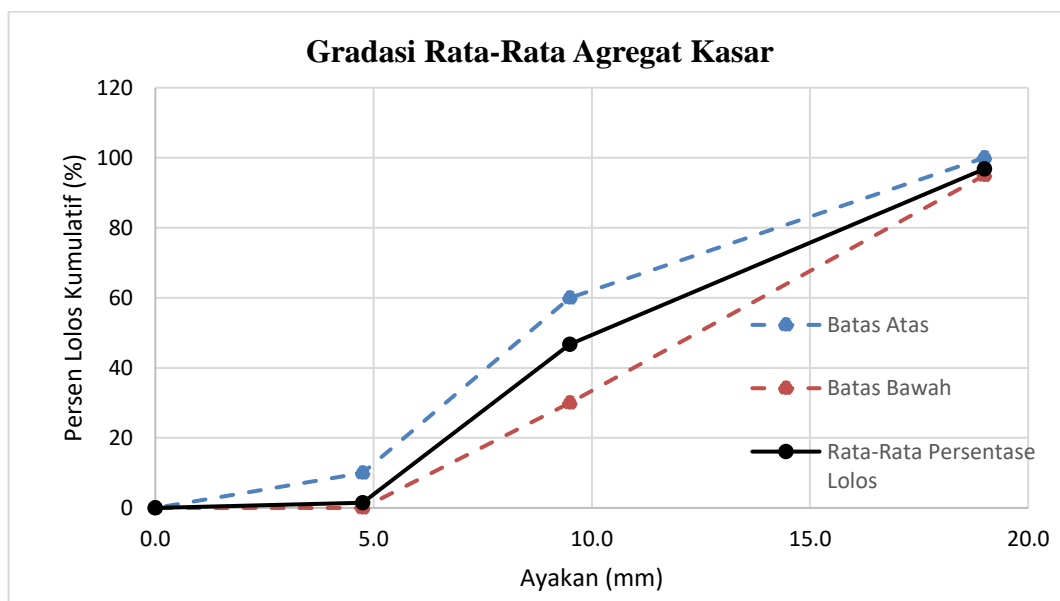
Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Menurut (SNI ASTM C136 : 2012), nilai modulus kehalusan agregat kasar adalah antara 5,50 dan 8,50. Nilai modulus kehalusan yang diperoleh dari ketiga hasil pengujian diatas adalah 6,55, nilai tersebut masih dalam batas rata-rata, sehingga agregat kasar ini dapat digunakan untuk campuran beton. Selain itu, untuk memudahkan pembuatan grafik gradasi agregat halus, berikut data rata-rata diambil berdasarkan persentase Lolos Kumulatif (%) dari ketiga sampel.

Tabel IV. 5 Rata-Rata Nilai Presentase Lolos Kumulatif Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)			Rata-Rata	Batas Atas	Batas Bawah
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3			
75,0	-	-	-	-	-	-
37,5	-	-	-	-	100	100
19,0	95,77	96,86	97,75	96,79	100	95
9,5	38,30	53,85	47,89	46,68	60	30
4,8	1,49	0,51	2,33	1,44	10	0
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia



Gambar IV. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar

Gambar 4.2 menunjukkan grafik gradasi agregat kasar dapat diketahui bahwa agregat yang digunakan berada antara batas dan batas bawah yang menunjukkan bahwa agregat dapat digunakan dalam campuran beton. Maka dalam penelitian ini akan menggunakan agregat kasar ukuran maksimum 19 mm.

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Berat Jenis

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat sampel kondisi SSD	gr	217	231	225
Berat Gelas + Air + Sampel	gr	1690	1701	1698
Berat Gelas + Air 1000 ml	gr	1559	1559	1559
<i>Specific Gravity</i>	-	2,523	2,596	2,616
Rata-rata	-	2,578		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Penyerapan

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat sampel kondisi SSD	Gr	72	82	81
Berat sampel kondisi oven 24 jam	Gr	71	80	79
Penyerapan air	%	1,408	2,500	2,532
Rata-rata	-	2,147		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Menurut (SNI 1970:2008), interval berat jenis agregat kasar adalah 1,6 hingga 3,3. Tabek IV.6 dan Tabel IV.7, mempeoleh nilai rata-rata beart jenis SSD, sebesar 2,578 dan nilai tingkat penyeerapan air dari agaregat kasar adalah sebesar 2,147%. Untuk penyerapan air berkisar antara 0,2% sampai 4,0%. Dengan demikian, nilai berat jenis dan penyerapan air yang diperoleh dari hasil pengujian telah memenuhi standar .

3. Berat Isi

Tabel IV. 8 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Silinder + sampel 1000 ml	gr	1441	1404	1440
Berat Silinder + Air 1000 ml	gr	1298	1298	1298
Berat Silinder 1000 ml kosong	gr	301	301	301
Berat Isi Lepas	-	1,143	1,106	1,142
Rata-rata	-	1,131		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Tabel IV. 9 Hasil pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Isi Padat Agregat Kasar	gr	1441	1404	1440
Berat Silinder 1000 ml kosong	gr	1298	1298	1298
Berat Silinder 1000 ml kosong	gr	301	301	301
Berat Isi Padat	gr/cm ³	1,143	1,106	1,142
Rata-rata	-	1,131		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Menurut (ASTM C33-03 2003), berat isi lepas dan padat agregat kasar lebih besar dari 1,12 kg/cm³. Pada Tabel IV.8 dan tabel IV.9, diperoleh nilai rata-rata berat isi lepas sebesar 1,31 gr/cm³ dan berat isi padat sebesar 1,221 gr/cm³. Berat isi lepas dan padat agregat kasar lebih besar dari 1,12 kg/cm³. Dengan demikian, agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini memenuhi syarat.

4. Kadar Air

Tabel IV. 10 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Sampel Kondisi Asli	Gr	82	84	88
Berat Sampel Kering Oven 24 jam	Gr	77	79	84
Kadar Air	%	6,494	6,329	4,762
Rata-rata	-	5,862		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Pada tabel diatas dapat dilihat nilai yang diperoleh dengan nilai rata-rata kadar air 5,862%. Nilai ini lebih besar sedikit dari batas yang diijinkan, menurut (SNI 03-4142-1996) nilai yang diijinkan yaitu 3% sampai dengan 5% maka dalam pencampuran beton air harus dikurangi sebesar (5,862% - 5% = 0,862%) dari berat agregat halus.

5. Kadar Lumpur

Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Kering Oven	gr	77	78	78
Berat Kering Oven (Pencucian >5 kali)	gr	75	77	77
Kadar Lumpur	%	2,597	1,282	1,282
Rata-rata	-	1,721		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Pada tabel diatas hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 1,721. Menurut (SK SNI S-04-1989-F) sehingga agregat kasar tidak perlu dicuci sebelum pengadukan .

IV.1.2 Pengujian Agregat Halus

Pada pengujian analisa saringan agregat kasar menggunakan SNI 1968-1990. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali guna untuk memperoleh data yang akurat. Berikut adalah data pengujian analisa saringan agregat kasar.

1. Analisa Saringan Agregat Halus

a. Perhitungan presentase Berat Tertahan

$$(\%) \text{ Tertahan} = \frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Berat Total}} \times 100 \%$$

Berikut contoh perhitungan masing masing dari nomor saringan sebagai berikut :

$$\text{No. 5,00 mm, } (\%) \text{ Tertahan} = \frac{99}{1059} \times 100 \% = 9,35\%$$

$$\text{No. 2,36 mm, } (\%) \text{ Tertahan} = \frac{216}{1059} \times 100 \% = 20,40\%$$

b. Perhitungan Presentase Berat Tertahan Kumulatif

$$(\%) \text{ Berat Tertahan Kumulatif} = (\%) \text{ Berat Tertahan Kumulatif Atas} + (\%) \text{ Berat Tertahan}$$

Contoh perhitungan berdasarkan nomor saringannya adalah sebagai berikut :

$$\text{No.5,00 mm, } (\%) \text{ Berat Tertahan Kumualtif} = 0\% + 9,35\% = 9,35\%$$

$$\text{No. 2,36 mm, } (\%) \text{ Berat Tertahan Kumulatif} = 9,35\% + 20,40\% = 29,75\%$$

c. Perhitungan Presentase Lolos Kumulatif

$$(\%) \text{ Lolols Kumulatif} = 100\% - (\%) \text{ Berat Tertahan Kumulatif}$$

Contoh perhitungan berdasarkan nomor saringannya adalah sebagai berikut :

$$\text{No. 5,00 mm, } (\%) \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 9,35\% = 90,65\%$$

$$\text{No. 2,36 mm, } (\%) \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 29,75\% = 70,25\%$$

d. Perhitungan Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus*)

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertahan Kumulatif}}{100\%}$$

Berikut contoh perhitungan berdasarkan data pada sampel 1

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{310,20\%}{100\%} = 3,1$$

Tabel IV. 12 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
5,0	99	9,35	9,35	90,65
2,36	216	20,40	29,75	70,25
1,18	163	15,39	45,14	54,86
0,6	199	18,79	63,93	36,07
0,3	112	10,58	74,50	25,50
0,15	138	13,03	87,54	12,46
0	132	12,46	100,00	0,00
Jumlah	1059		310,20	
Fineness Modulus			3,10	

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Tabel IV. 13 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
5,0	68	6,31	6,31	93,69
2,36	244	22,63	28,94	71,06
1,18	175	16,23	45,18	54,82
0,6	196	18,18	63,36	36,64
0,3	117	10,85	74,21	25,79
0,15	140	12,99	87,20	12,80
0	138	12,80	100,00	0,00
Jumlah	1078		305,19	-
Fineness Modulus			3,05	

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Tabel IV. 14 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 3

Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
5,0	68	6,31	6,31	93,69
2,36	244	22,63	28,94	71,06
1,18	175	16,23	45,18	54,82
0,6	196	18,18	63,36	36,64
0,3	117	10,85	74,21	25,79
0,15	140	12,99	87,20	12,80

0	138	12,80	100,00	0,00
Jumlah	1078		305,19	-
Fineness Modulus			3,09	

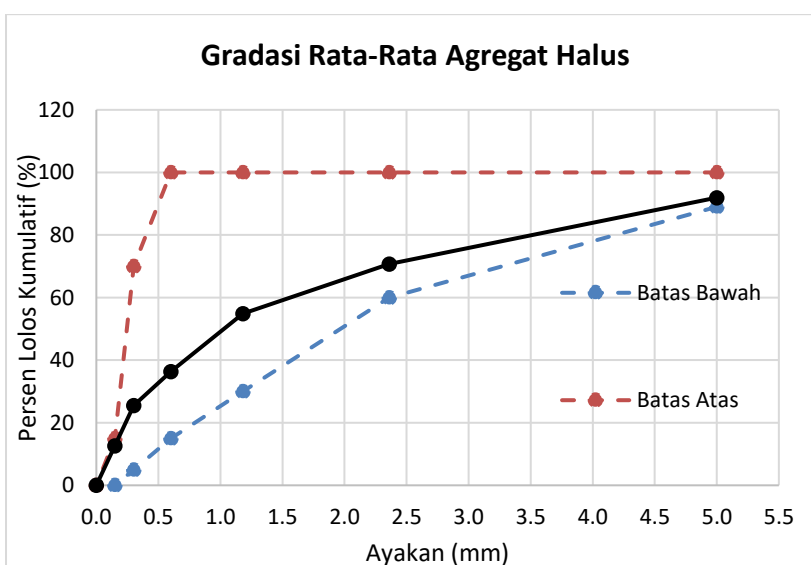
Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Berdasarkan spesifikasi standar agregat halus (SK-SNI-T-15-1990-03 1994), nilai modulus agregat halus berkisar antara 1,50 hingga 3,80. Dengan demikian, nilai rata-rata yang mewakili nilai modulus kehalusan adalah 3,08 sesuai ketentuan. Selain itu, untuk memudahkan grafik gradasi agregat halus, berikut diambil tabel rata-rata berdasarkan persentase Lolos Kumulatif (%) dari ketiga sampel. Sesuai (SNI 03-2834-2000 2000) telah ditetapkan batas atas dan batas bawah untuk setiap ukuran lubang saringan.

Tabel IV. 15 Rata-Rata Nilai Presentase Lolos Kumulatif Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)			Rata-Rata	Batas Atas	Batas Bawah
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3			
5,0	90,65	93,69	91,48	91,94	-	-
2,36	70,25	71,06	70,96	70,76	100	100
1,18	54,86	54,82	54,79	54,83	100	89
0,6	36,07	36,64	36,21	36,31	100	60
0,3	25,50	25,79	25,36	25,55	100	30
0,15	12,46	12,80	12,49	12,58	70	5
0	0,00	0,00	0,00	0,00	15	0

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia



Gambar IV. 3 Grafik Gradasi Agregat Halus

Dari Gambar IV. 3 diatas, dapat dilihat bahwa agregat halus yang digunakan berada diantara batas atas dan batas bawah standar yang menunjukkan bahwa agregat halus tersebut dapat digunakan pada campuran beton.

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berikut adalah hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel IV. 16 Hasil Pengujian Berat Jenis

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat sampel kondisi SSD	Gr	242	246	204
Berat Gelas + Air + Sampel	Gr	1709	1702	1685
Berat Gelas + Air 1000 ml	Gr	1559	1559	1559
Specific Gravity	-	2,630	2,388	2,615
Rata-rata	-	2,545		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Tabel IV. 17 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat sampel kondisi SSD	gr	101	97	96
Berat sampel kondisi oven 24 jam	gr	99	96	94
Penyerapan air	%	2,020	1,042	2,128
Rata-rata	-	1,730		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Berdasarkan di atas, didapatkan nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,545 dan rata-rata tingkat penyerapan air dari agregat kasar adalah sebesar 1,730%. Adapun standar diatas sudah memenuhi syarat, menurut (SNI 1970:2008. 2008).

3. Berat Isi

Tabel IV. 18 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Silinder + sampel 1000 ml	gr	1772	1811	1763
Berat Silinder + Air 1000 ml	gr	1210	1210	1210
Berat Silinder 1000 ml kosong	gr	208	208	208
Berat Isi Lepas	-	1,561	1,600	1,552
Rata-rata	-	1,571		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Tabel IV. 19 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
------------	--------	----------	----------	----------

Berat Isi Padat Agregat Kasar	gr	1948	1959	2015
Berat Silinder 1000 ml kosong	gr	1298	1298	1298
Berat Silinder 1000 ml kosong	gr	301	301	301
Berat Isi Padat	gr/cm ³	1,652	1,663	1,719
Rata-rata	-	1,678		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Dari Tabel di atas, diperoleh nilai rata-rata berat isi lepas, yaitu sebesar 1,131 gr/cm³ dan rata-rata berat isi padat, yaitu sebesar 1,221 gr/cm³. Menurut (ASTM C33-03 2003), berat isi lepas dan padat agregat kasar lebih dari 1,12 kg/cm³. Sehingga, agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan.

4. Kadar Air

Tabel IV. 20 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Sampel Kondisi Asli	gr	107	116	116
Berat Sampel Kering Oven 24 jam	gr	104	113	113
Kadar Air	%	2,885	2,655	2,655
Rata-rata	-	2,731		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Menurut (SNI 03-1971-1990), kadar air agregat halus berada pada interval 2,0% - 5,0%. Jadi kadar air agregat halus yang diperoleh dari hasil pengujian, yaitu 2,731% sesuai dengan standar spesifikasi.

5. Kadar Lumpur

Tabel IV. 21 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Kering Oven	gr	110	114	115
Berat Kering Oven (Pencucian >5 kali)	gr	100	102	106
Kadar Lumpur	%	9,091	10,526	7,826
Rata-rata	-	9,148		

Sumber: Penelitian di Laboratorium Universitas Komputer Indonesia

Menurut (SNI 03-4142-1996), kadar lumpur pada agregat halus maksimal sebesar 5%. Sedangkan nilai kadar lumpur yang diperoleh dari hasil pengujian, yaitu 9,148% melebihi batas maksimal spesifikasi dalam penelitian ini.

IV.2 Perencanaan Campuran Beton

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Beton Balai Besar Barang dan Tambang (B4T), Bandung. Pada pembuatan sampel digunakan *Mix Design* Standar Nasional Indonesia (SNI 7656-2012) dengan perencanaan sebagai berikut :

Tabel IV. 22 *Mix Design* Beton

No	Uraian	Tabel / Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan diisyaratkan	Ditetapkan	25.00	Mpa
	a. Faktor Keamanan		8.3	
	b. Kuat tekan ditargetkan			
2	Jenis semen	Ditetapkan	PCC Tipe I	
3	Jenis agregat kasar	Ditetapkan	Batu pecah	
	a. Bobot isi padat	1.221		
	b. Berat jenis SSD	2.578		
	Jenis agregat halus	Ditetapkan	Alam	
	a. Modulus kehalusan	3.115		
	b. Berat jenis SSD	2.545		
4	Slump	Ditetapkan	75 – 100	Mm
5	Ukuran agregat maksimum		19.5	Mm
6	Kadar air setelah dikoreksi	Dihitung	168	kg/m ³
7	Rasio air semen	Tabel 3	0.47	
8	Kadar semen	Ditetapkan	437	kg/m ³
9	Kadar agregat kasar	Ditetapkan	777	kg/m ³
10	Kadar agregat halus	Ditetapkan	778	kg/m ³
11	Perkiraan awal berat beton	Tabel 6	2345	kg/m ³

Sumber: Perhitungan Mix Design

Berdasarkan perencanaan *mix design* diatas, maka didapatkan komposisi campuran yang akan digunakan untuk penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

Tabel IV. 23 *Mix Design* Beton Normal

Material	Volume Perikaraan (kg/m ³)	Kebutuhan 9 Silinder (kg)	Penambahan 10% (kg)
Air	168	9.072	16.526
Semen	624	33.696	35.381
Agregat Halus	778	42.012	44.113
Agregat Kasar	777	41.958	44.056

Sumber: Perhitungan Mix Design

Tabel IV. 24 Komposisi Campuran Beton Menggunakan Bahan Tambah *Silica Fume* 10%

Material	Volume Perikaraan (kg/m ³)	Kebutuhan 9 Silinder (kg)	Penambahan 10% (kg)
Air	168	8.019	0.802
Semen	624	29.785	2.978
Agregat Halus	778	37.136	3.714
Agregat Kasar	777	37.088	3.709
Silica Fume 10%	6.24	2.978	0.298

Sumber: Perhitungan Mix Design

Tabel IV. 25 Komposisi Campuran Beton Menggunakan Bahan *Silica Fume* 12,5%

Material	Volume Perikaraan (kg/m ³)	Kebutuhan 9 Silinder (kg)	Penambahan 10% (kg)
Air	168	8.019	0.802
Semen	624	29.785	2.978
Agregat Halus	778	37.136	3.714
Agregat Kasar	777	37.088	3.709
Silica Fume 12,5%	78	3.723	0.372

Sumber: Perhitungan Mix Design

Tabel IV. 26 Komposisi Campuran Beton Menggunakan Bahan Tambah *Silica Fume* 15%

Material	Volume Perikaraan (kg/m ³)	Kebutuhan 9 Silinder (kg)	Penambahan 10% (kg)
Air	168	8.019	0.802
Semen	624	29.785	2.978
Agregat Halus	778	37.136	3.714
Agregat Kasar	777	37.088	3.709
Silica Fume 15%	93.6	4.468	0.447

Sumber: Perhitungan Mix Design

IV.3 Perhitungan Volume Beton

Berat satuan beton mengacu pada rasio berat terhadap volume beton, adapun Pemeriksaan berat volume beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder sebelum pengujian kuat tekan. Berat volume sendiri dapat ditentukan berdasarkan pengukuran terhadap dimensi benda uji, yaitu tinggi dan diameter kemudian dilakukan penimbangan terhadap berat. Hasil pemeriksaan beton dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel IV. 27 Berat Volume Beton Normal

Umur Beton	No.	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Rerata (kg/m ³)
7 Hari	1	150	300	0.00529875	11.06	2087.284737	2190.454
	2	150	300	0.00529875	11.88	2242.038217	
	3	150	300	0.00529875	11.88	2242.038217	
14 Hari	1	150	300	0.00529875	11.80	2226.940316	2237.006
	2	150	300	0.00529875	11.82	2230.714791	
	3	150	300	0.00529875	11.94	2253.361642	
28 Hari	1	150	300	0.00529875	11.74	2215.616891	2225.682
	2	150	300	0.00529875	11.76	2219.391366	
	3	150	300	0.00529875	11.88	2242.038217	

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Tabel IV. 28 Berat Volume Beton dengan Bahan Tambah Silica Fume 10%

Umur Beton	No.	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Rerata (kg/m ³)
7 Hari	1	150	300	0.00529875	11.06	2087.284737	2190.454
	2	150	300	0.00529875	11.88	2242.038217	
	3	150	300	0.00529875	11.88	2242.038217	
14 Hari	1	150	300	0.00529875	11.86	2238.263741	2218.133
	2	150	300	0.00529875	11.82	2230.714791	
	3	150	300	0.00529875	11.58	2185.42109	
28 Hari	1	150	300	0.00529875	12.00	2264.685067	2242.038
	2	150	300	0.00529875	11.78	2223.165841	
	3	150	300	0.00529875	11.86	2238.263741	

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Tabel IV. 29 Berat Volume Beton dengan Bahan Tambah Silica Fume 12,5%

Umur Beton	No.	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Rerata (kg/m ³)
7 Hari	1	150	300	0.00529875	11.52	2174.097665	2182.905
	2	150	300	0.00529875	11.48	2166.548714	
	3	150	300	0.00529875	11.70	2208.067941	
14 Hari	1	150	300	0.00529875	11.74	2215.616891	2210.584
	2	150	300	0.00529875	11.76	2219.391366	

Umur Beton	No.	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Rerata (kg/m ³)
	3	150	300	0.00529875	11.64	2196.744515	
28 Hari	1	150	300	0.00529875	11.68	2204.293465	2176.614
	2	150	300	0.00529875	11.44	2158.999764	
	3	150	300	0.00529875	11.48	2166.548714	

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Tabel IV. 30 Berat Volume Beton dengan Bahan Tambah Silica Fume 15%

Umur Beton	No.	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Rerata (kg/m ³)
7 Hari	1	150	300	0.00529875	11.64	2196.744515	2201.777
	2	150	300	0.00529875	11.80	2226.940316	
	3	150	300	0.00529875	11.56	2181.646615	
14 Hari	1	150	300	0.00529875	11.50	2170.323189	2192.97
	2	150	300	0.00529875	11.70	2208.067941	
	3	150	300	0.00529875	11.66	2200.51899	
28 Hari	1	150	300	0.00529875	11.48	2166.548714	2166.549
	2	150	300	0.00529875	11.48	2166.548714	
	3	150	300	0.00529875	11.48	2166.548714	

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Pada tabel diatas menunjukkan hasil rata-rata berat volume beton dengan variasi 0%, 10%, 12,5% dan 15% adapun hari yang ditinjau yaitu hari ke 7, 14 dan 28 hari.

IV.4 Pengujian Nilai *Slump*

Slump Test bertujuan untuk mengetahui kekentalan atau kekurangan air dalam beton untuk memudahkan pengerjaannya dan mengukur tinggi penurunan adukan beton setelah dilepas dari slump yang diukur menunjukkan penurunan yang terlalu jauh dan juga menunjukkan adukan beton terlalu cair atau sebaliknya.

Tabel IV. 31 Nilai *Slump* Beton

Kadar <i>Silica Fume</i>	<i>Slump</i> (cm)	
	<i>Mix ke-1</i>	<i>Mix ke-2</i>
0%	10	-
10%	8	9
12.5%	9	9,5
15%	9,5	10

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago



Gambar IV. 4 Proses Pengujian *Slump*

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Uji slump pada tabel diatas dapat dilihat pada campuran beton dengan variasi 0%, 10%, 12,5% dan 15% memiliki nilai *slump* yang tidak konsistensi dari setiap *mix design* pada campuran beton, dengan pemeriksaan *slump* maka dapat memperoleh nilai *slump* yang dipakai sebagai tolak ukur atau standar kelecakan beton segar. Karena didalam nilai *slump* tersebut terdapat sifat *workability* yaitu kemudahan dalam pengerjaan adukan beton.

IV.5 Perawatan Benda Uji

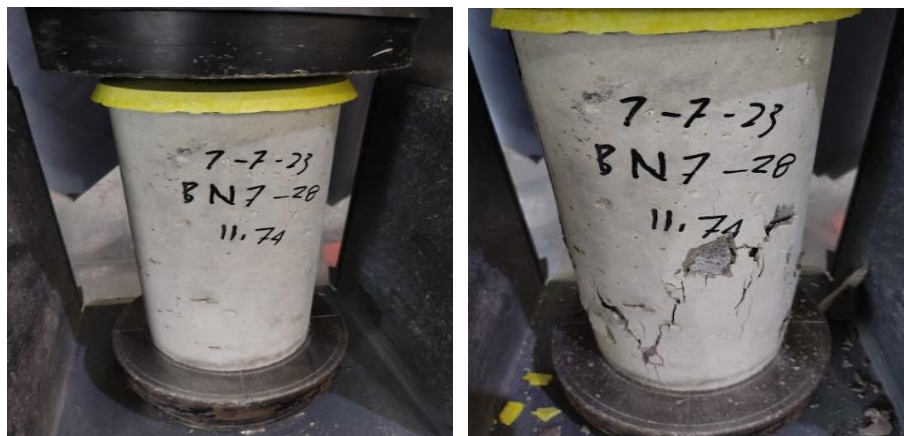
Benda uji yang sudah mengeras dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan perawatan benda uji. Perawatan benda uji dilakukan dengan merendamnya di dalam air, selama umur 7 hari 14 hari dan 28 hari. Perawatan ini dilakukan untuk memaksimalkan kekuatan beton.



Gambar IV. 5 Perawatan Benda Uji
Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

IV.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* di Laboratorium B4T. Uji kuat tekan ini dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Sebelum melakukan uji tekan beton, permukaan beton harus rata. Apabila tidak rata maka perlu dilakukan *capping*. *Capping* dilakukan dengan cara memanaskan sulfur hingga mencair lalu dituang ke bidang yang rata dan kemudian permukaan beton yang tidak rata dicetak dengan menggunakan sulfur yang mencair, sehingga permukaan beton rata. Berikut hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini.



Gambar IV. 6 Hasil Setelah Beton di Tekan BN-28
Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Menurut (SNI 03-2834-2000 2000), kuat tekan beton (f'_c) ditentukan berdasarkan hasil uji pada beton yang berumur 28 hari. Sehingga nilai kuat tekan pada umur 3, 7, dan 14 hari terlebih dahulu harus dibagi dengan angka konversi umur uji. Berikut contoh perhitungan kuat tekan beton.

$$f'c \text{ konversi} = \frac{f'c \text{ konversi}}{\text{Angka Konversi}} = \frac{22,87}{0,67} = 34,34 \text{ MPa}$$

1. Hasil uji kuat tekan beton normal pada umur 14 hari adalah 20,47 Mpa

$$f'c \text{ konversi} = \frac{f'c \text{ konversi}}{\text{Angka Konversi}} = \frac{20,47}{0,91} = 22,48 \text{ MPa}$$

IV.6.1 Beton Normal

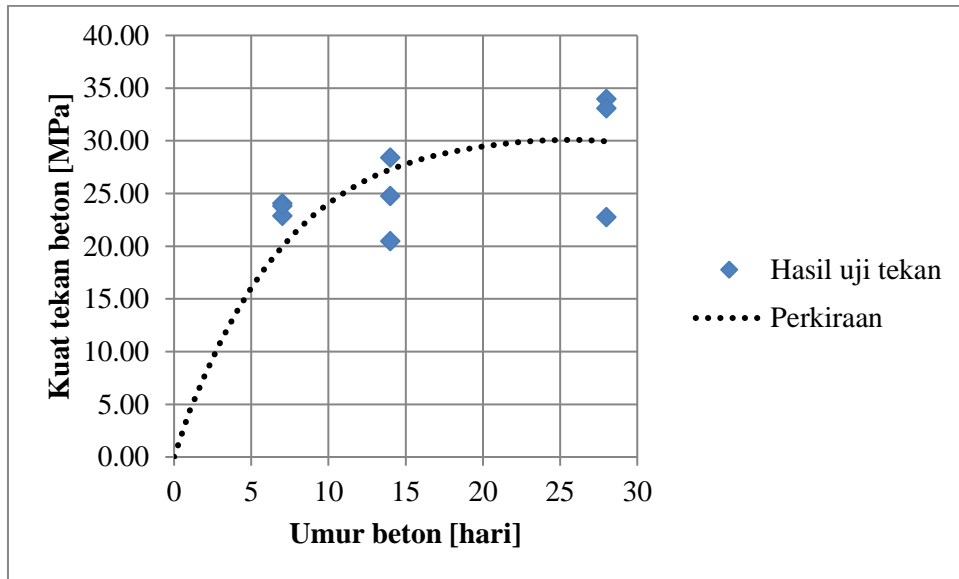
Hasil pengujian kuat tekan beton normal pada umur 7, 14 dan 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel IV. 32 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Hari	F'c Uji Lab	Rata-rata [MPa]	fc hasil uji	fc 28 hari
	[MPa]		[MPa]	[MPa]
7	22.87	23,59	0.67	34.34
	24.07		0.67	36.13
	23.82		0.67	35.76
14	20.47	24,55	0.91	22.48
	24.76		0.91	27.18
	28.41		0.91	31.20
28	33.95	29,93	1.00	33.95
	33.07		1.00	33.07
	22.77		1.00	22.77
Rata-rata, F'c Hari [MPa]				30.76

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Berdasarkan Tabel IV.32, menunjukkan nilai kuat tekan beton normal rata-rata ($f'c$) umur 28 hari sebesar 30,76 MPa. Kuat tekan tersebut sudah memenuhi kuat tekan yang direncanakan, yaitu $f'c$ 25 MPa.



Gambar IV. 7 Grafik hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal pada umur 28 hari diatas di dapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 29.93 MPa. Dari grafik diatas menunjukkan perbandingan kuat tekan beton terhadap umur beton antara hasil kuat tekan yang diperoleh hasil uji laboratorium dengan perkiraan kuat tekan dari perhitungan faktor umur beton. Perkiraan kuat tekan diperoleh dari hasil regresi berdasarkan data-data uji kuat tekan yang dilakukan di laboratorium. Persamaan kuat tekan yan diperoleh dari hasil uji tekan adalah sebagai berikut.

$$f_{cx} = -0,0000773x^4 + 0,0068x^3 - 0,2414x^2 + 4,1817x + 0,3638$$

dengan :

$$f_{cx} = \text{kuat tekan beton pada umur } x \text{ hari (MPa)}$$

$$x = \text{umur beton uji (hari)}$$

Dari grafik pada Gambar IV.7, dapat dilihat bahwa kuat tekan beton normal pada umur tahap awal beton hingga umur 28 hari terjadi peningkatan.

IV.6.2 Beton Campuran Silica Fume 10%

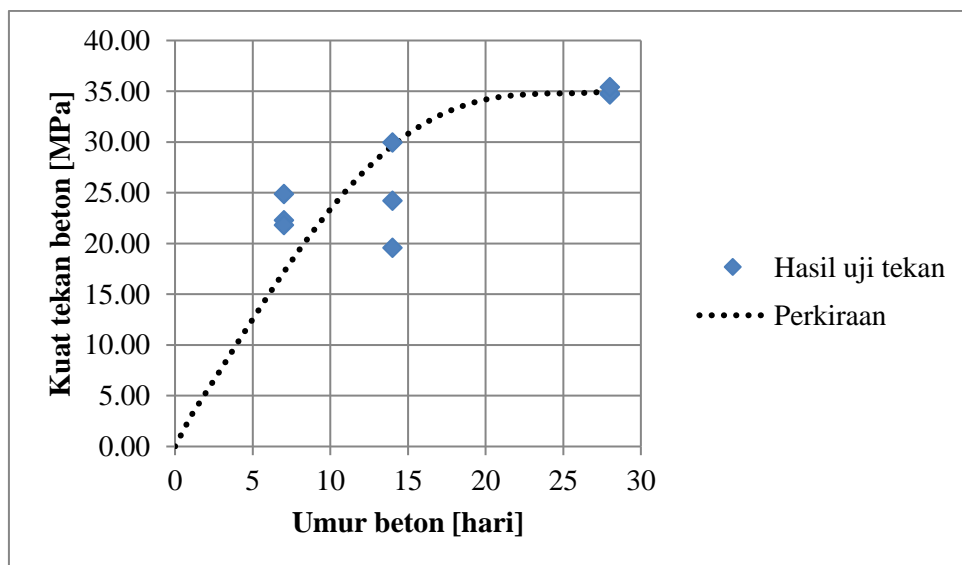
Berikut Hasil pengujian kuat tekan dengan bahan tambah Silica fume 10% pada umur 7, 14 dan 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel IV. 33 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton *Silica fume* 10%

Hari	F'c Uji Lab	Rata-rata [MPa]	fc hasil uji	fc 28 hari
	[MPa]		[MPa]	[MPa]
7	24.89	23,00	0.67	50.74
	22.30		0.67	45.47
	21.81		0.67	44.48
14	19.59	24,58	0.91	23.13
	24.21		0.91	28.59
	29.95		0.91	35.38
28	34.69	34,98	1.00	34.69
	34.82		1.00	34.82
	35.43		1.00	35.43
Rata-rata, F'c Hari [MPa]				36.97

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Berdasarkan Tabel IV.33 diatas, menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata ($f'c$) umur 28 hari sebesar 33,35 MPa. Kuat tekan tersebut sudah memenuhi kuat tekan yang direncanakan, yaitu $f'c$ 25 MPa.



Gambar IV. 8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Silica Fume 10%

Berdasarkan Gambar IV.8 diatas, menunjukkan perbandingan kuat tekan beton terhadap umur beton antara hasil kuat tekan yang diperoleh hasil uji laboratorium dengan perkiraan kuat tekan dari perhitungan faktor umur beton. Perkiraan kuat tekan diperoleh dari hasil regresi berdasarkan data-data uji kuat tekan yang dilakukan di laboratorium. Persamaan kuat tekan yan diperoleh dari hasil uji tekan

adalah sebagai berikut.

$$f_{cx} = -0,000122x^4 - 0,006900x^3 + 0,062300x^2 + 2,212200x + 0,709500$$

dengan:

f_{cx} = kuat tekan beton pada umur x hari (MPa)

x = umur beton uji (hari)

Dari grafik pada Gambar IV.8 diatas, menunjukkan bahwa kuat tekan pada beton dengan penambahan Silica fume 10% terus meningkat hingga umur 28 hari.

IV.6.3 Beton Campuran Silica Fume 12,5%

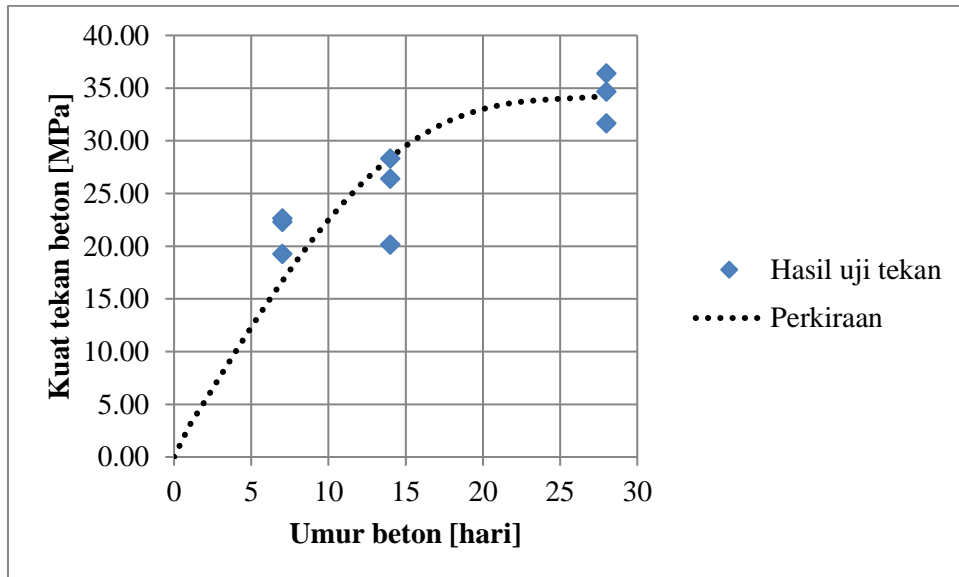
Berikut Hasil pengujian kuat tekan dengan bahan tambah Silica fume 12,5% pada umur 7, 14 dan 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel IV. 34 Hasil Kuat Tekan Beton dengan Kadar Silica Fume 12,5%

Hari	F'c Uji Lab	Rata-rata [MPa]	fc hasil uji	fc 28 hari
	[MPa]		[MPa]	[MPa]
7	19.26	21,40	0.67	39.52
	22.30		0.67	45.77
	22.63		0.67	46.45
14	28.32	24,96	0.91	34.15
	26.40		0.91	31.84
	20.15		0.91	24.29
28	36.40	34,24	1.00	36.40
	34.65		1.00	34.65
	31.67		1.00	31.67
Rata-rata, F'c Hari [MPa]				36.08

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Berdasarkan Tabel IV.34 diatas, menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata ($f'c$) umur 28 hari sebesar 36,08 MPa. Kuat tekan tersebut sudah memenuhi kuat tekan yang direncanakan, yaitu $f'c$ 25 MPa.



Gambar IV. 9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan *Silica Fume* 12,5%

Berdasarkan Gambar IV.9 diatas, menunjukkan perbandingan kuat tekan beton terhadap umur beton antara hasil kuat tekan yang diperoleh hasil uji laboratorium dengan perkiraan kuat tekan dari perhitungan faktor umur beton. Perkiraan kuat tekan diperoleh dari hasil regresi berdasarkan data-data uji kuat tekan yang dilakukan di laboratorium. Persamaan kuat tekan yan diperoleh dari hasil uji tekan adalah sebagai berikut.

$$f_{cx} = 0,000089x^4 - 0,004900x^3 + 0,028500x^2 + 2,300600x + 0,653100$$

dengan:

$$f_{cx} = \text{kuat tekan beton pada umur } x \text{ hari (MPa)}$$

$$x = \text{umur beton uji (hari)}$$

Dari grafik pada Gambar IV.9 diatas, menunjukkan bahwa kuat tekan pada beton dengan penambahan *Silica fume* 12,5% terus meningkat hingga umur 28 hari.

IV.6.4 Beton Campuran *Silica Fume* 15%

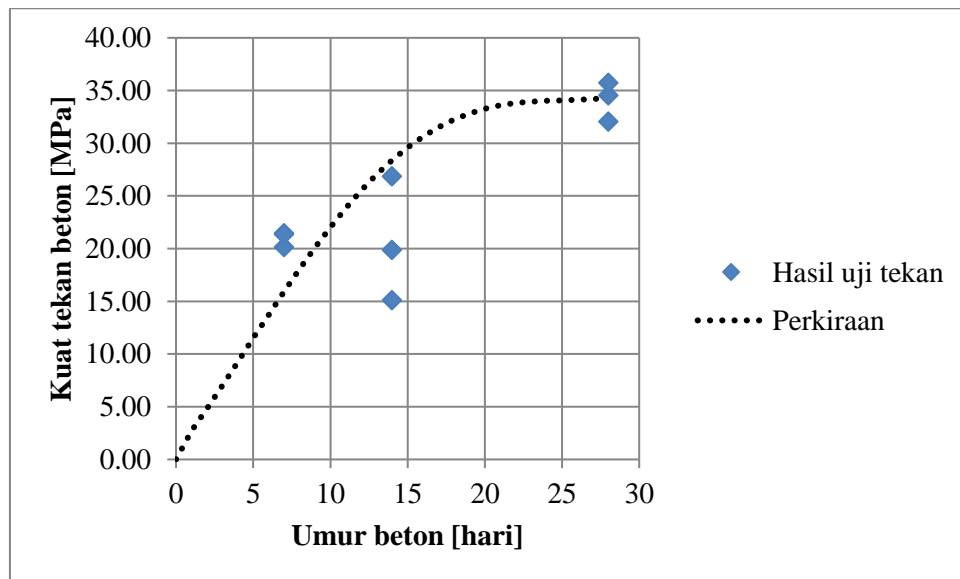
Hasil pengujian kuat tekan variasi *Silica fume* 15% pada umur 7, 14 dan 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut :

Gambar IV. 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Kadar Silica Fume 15%

Hari	F'c Uji Lab	Rata-rata [MPa]	fc hasil uji	fc 28 hari
	[MPa]		[MPa]	[MPa]
7	21.45	20,99	0.67	46.23
	20.15		0.67	43.42
	21.38		0.67	46.07
14	19.88	20,61	0.91	24.03
	15.11		0.91	18.26
	26.85		0.91	32.45
28	34.56	34,13	1.00	34.56
	32.07		1.00	32.07
	35.75		1.00	35.75
Rata-rata, F'c Hari [Mpa]				34.76

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

Berdasarkan Tabel IV.35 diatas, menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata ($f'c$) umur 28 hari sebesar 34,76 MPa. Kuat tekan tersebut sudah memenuhi kuat tekan yang direncanakan, yaitu $f'c$ 25 MPa.



Gambar IV. 11 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Silica Fume 15%

Berdasarkan Gambar IV.11 diatas, menunjukkan perbandingan kuat tekan beton terhadap umur beton antara hasil kuat tekan yang diperoleh hasil uji laboratorium dengan perkiraan kuat tekan dari perhitungan faktor umur beton. Perkiraan kuat tekan diperoleh dari hasil regresi berdasarkan data-data uji kuat tekan yang dilakukan di laboratorium. Persamaan kuat tekan yan diperoleh dari hasil uji tekan

adalah sebagai berikut.

$$f_{cx} = 0,0000128x^4 - 0,007600x^3 + 0,088200x^2 + 1,877500x + 0,762500$$

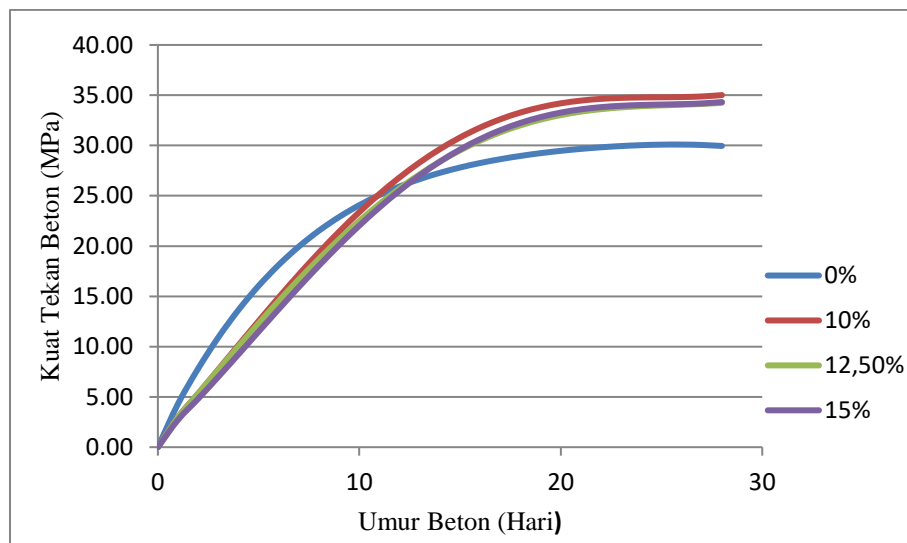
dengan:

f_{cx} = kuat tekan beton pada umur x hari (MPa)

x = umur beton uji (hari)

Dari grafik pada Gambar IV.9 diatas, menunjukkan bahwa kuat tekan pada beton dengan penambahan Silica fume 12,5% terus meningkat hingga umur 28 hari.

IV.6.4 Hubungan Nilai Kuat Tekan Beton dengan Umur Beton



Gambar IV. 12 Hubungan Nilai Kuat Tekan Beton dengan Umur Beton pada Berbagai Kadar Silica fume

Berdasarkan Gambar IV.12 diatas, dapat dilihat grafik hubungan nilai kuat tekan dengan umur beton pada berbagai kadar Silica fume lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal (tanpa penambahan Silica fume).

IV.7 Analisis Hasil Kuat Tekan

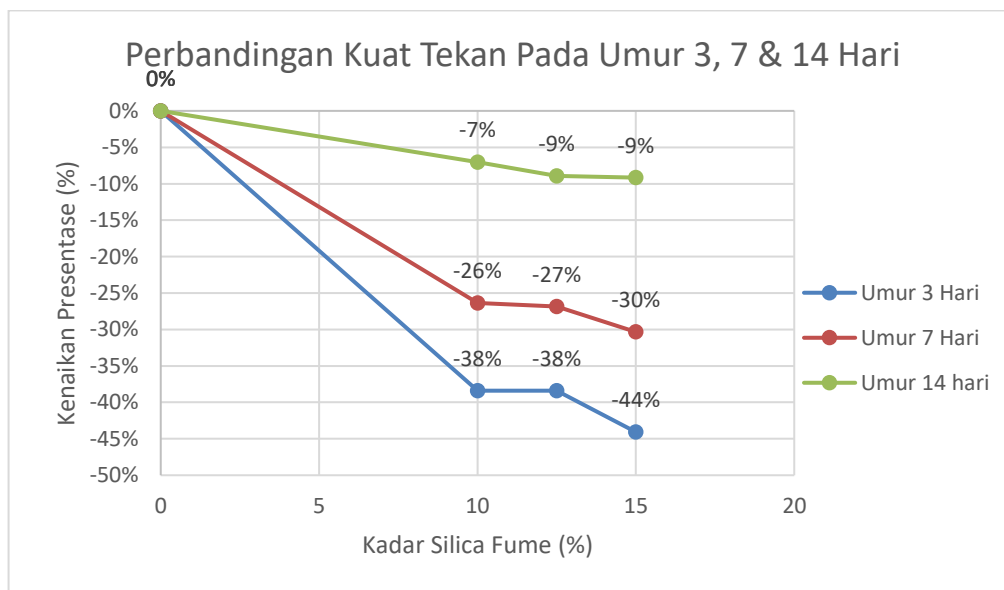
IV.7.1 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada umur 3 & 7 Hari

Untuk mengetahui apakah bahan tambah Silica fume dapat digunakan sebagai meningkatkan kuat tekan beton, dilakukan perbandingan nilai kuat tekan beton dengan dan tanpa penambahan Silica fume, sebagai berikut.

Tabel IV. 35 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Umur 3, 7 & 14 Hari

Umur (Hari)	Kadar Silica Fume (%)	Faktor Umur Beton	Persentase Kenaikan (%)
3	0	0.36	0%
	10	0.22	-38%
	12.5	0.22	-38%
	15	0.20	-44%
7	0	0.67	0%
	10	0.49	-26%
	12.5	0.49	-27%
	15	0.46	-30%
14	0	0.91	0%
	10	0.85	-7%
	12.5	0.83	-9%
	15	0.83	-9%

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago



Gambar IV. 13 Perbandingan Kuat Tekan pada Umur 3, 7 & 14 Hari

Berdasarkan data pada Tabek IV.35 dan grafik pada Gambar IV.13 diatas, menunjukkan bahwa terjadi penurunan terhadap kuat tekan beton presentase penurunan (%) yang terjadi pada beton dengan bahan tambah Silica fume terhadap beton normal. Berikut analisis pembahasan berdasarkan data diatas.

- Pada umur 3 hari, tidak terdapat perbedaan kuat tekan beton antara beton normal dan beton dengan penambahan Silica fume.
- Pada umur 7 hari dan 14 hari, kuat tekan beton menurun seiring dengan

peningkatan kadar Silica fume.

Dari analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa bahan tambah Silica fume dapat memperlambat waktu pengikatan awal atau pengerasan awal beton yang bertujuan Silica fume bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan dari hidrasi semen, membentuk senyawa silika kalsium hidrat (CSH) yang lebih padat dan tahan terhadap penetrasi. Namun, reaksi ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai tingkat optimal. Pada umur awal, reaksi ini belum terjadi secara signifikan, sehingga kuat tekan beton masih rendah.

IV.7.2 Perbandingan Kuat Tekan Umur 28 Hari

Berikut merupakan perbandingan presentase kenaikan kuat tekan beton dengan penambahan Silica fume terhadap beton normal pada umur uji 28 hari pada tabel berikut.

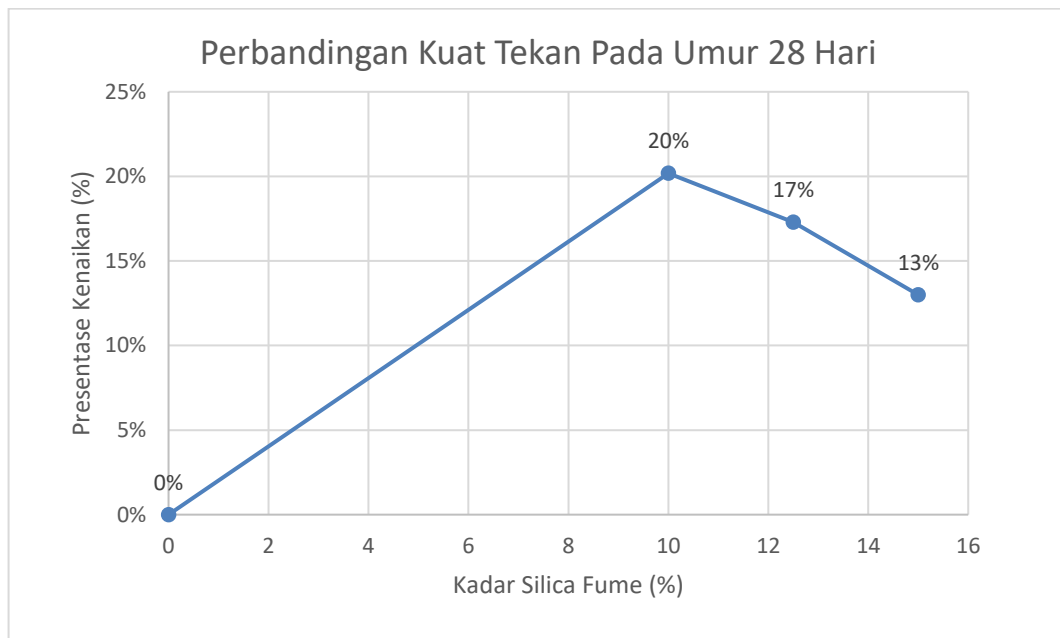
Tabel IV. 36 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur Uji 28 Hari

Umur (Hari)	Kadar Silica Fume (%)	Kuat Tekan Umur 28 Hari	Persentase Kenaikan (%)
28	0	30.76	0%
	10	36.97	20%
	12.5	36.08	17%
	15	34.76	13%

Sumber: Penelitian di Laboratorium B4T Sangkuriang Dago

- Hasil pengujian tabel diatas dapat dilihat bahwa faktor umur awal sampai dengan umur 28 hari dengan beton variasi 0%, 10%, 12,5% dan 15% mencapai kenaikan mutu beton, dari masing masing variasi beton mencapai uji kuat tekan beton yang direncanakan. Adapun faktor yang menaikkan mutu beton yaitu adanya peningkatan mutu beton di akibatkan pengikatan umur beton pada umur 7 hari sampai dengan umur 28 hari.
- Selain itu juga ada faktor lain yaitu dengan penambahan *silica fume* dapat menaikkan mutu beton dibandingkan dengan beton normal hal ini disebabkan oleh pengaruh proporsi campuran silica fume sebagai bahan tambah pada campuran beton dan geometrical dengan bentuk yang bulat dan sangat halus maka Silica fume dapat mengisi rongga-rogga diantara bahan semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat sehingga mengakibatkan diameter pori-pori mengecil dan volume pori berkurang.

- Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton rata rata dengan penambahan silica fume 10% mengalami kenaikan sebesar 20% dari beton normal. Namun pada kadar 12,5% dan 15% pada umur 28 hari mengalami penurunan. Dimana pada kadar silica fume 10% dan 12,5% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 36.97 Mpa dan 36.08 Mpa, sedangkan kadar silica fume 15% memiliki kuat tekan rata-rata 34.76 Mpa. Dapat dilihat bahwa silica fume dengan kadar 10% sangat tinggi sebesar 34.98 MPa. Tetapi setelah penambahan silica fume dengan kadar 12,5% dan 15% mengalami penurunan. Penurunan pada silica fume pada kadar 12,5% dan 15% dapat dilihat pada kadar presentase dengan nilai presentase yang diperoleh sebesar 17% dan 13%, dimana terjadi penurunan kuat tekan beton sehingga penambahan silica fume yang relatif banyak tidak memberikan hasil yang maksimal.



Gambar IV. 14 Hasil Grafik Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur Uji 28 Hari

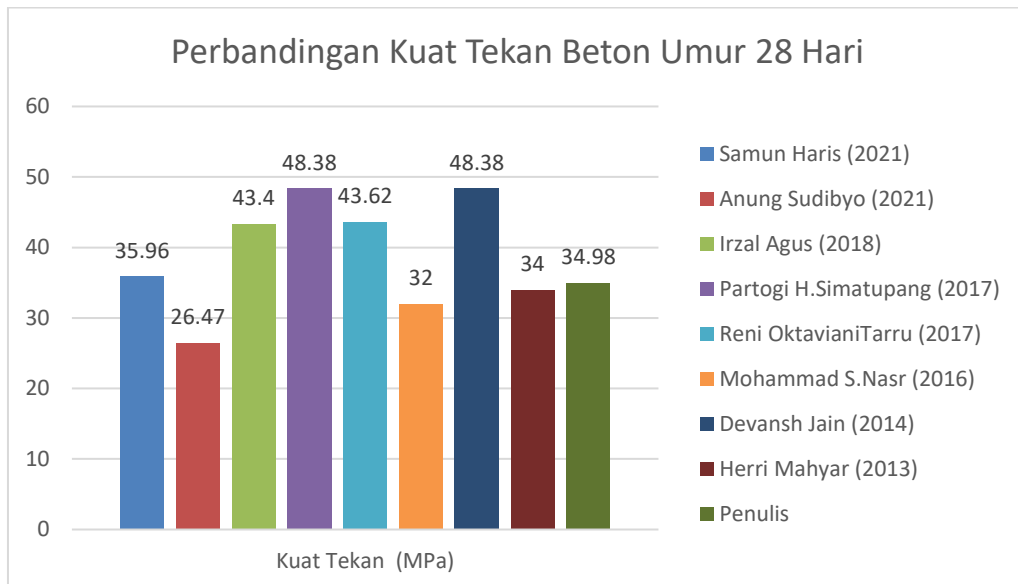
Pada grafik diatas bahwa hasil uji tekan tertinggi terdapat pada beton dengan bahan tambah Silica fume dengan kadar 10%, dibandingkan dengan Silica fume kadar 12,5% dan 15% mengalami penurunan. Pada grafik diatas dengan variasi 10%, 12,5% dan 15% belum mendapatkan uji tekan yang optimum jika dibandingkan dengan beton normal (beton kontrol).

IV.8 Perbandingan Penelitian dengan Studi Terdahulu

Berikut adalah analisis perbandingan studi terdahulu mengenai pengaruh silica fume terhadap kuat tekan beton yaitu sebagai berikut.

Tabel IV. 37 Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Studi Terdahulu (Umur 28 Hari)

Peneliti	Kadar Silica Fume (%)	Kuat Tekan (MPa)
Samun Haris (2021)	15	35.96
Anung Sudiby (2021)	10	26.47
Irzal Agus (2018)	2.5	43.40
Partogi H.Simatupang (2017)	27	48.38
Reni OktavianiTarru (2017)	15	43.62
Mohammad S.Nasr (2016)	15	32,00
Devansh Jain (2014)	15	48.38
Herri Mahyar (2013)	15	34.00
Penulis	10	34.98



Gambar IV. 15 Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Studi Terdahulu (Umur 28 Hari)

1. Penelitian yang sudah dilakukan memiliki hasil yang mirip dengan studi terdahulu Anung Sudiby (2017) dapat dilihat pada Tabel IV.37 menunjukkan penambahan silica fume kadar 10% memiliki nilai kuat tekan optimum.
2. Penelitian yang sudah dilakukan memiliki nilai kuat tekan optimum pada kadar silica fume 10% dapat dilihat pada Tabel IV.37. Dibandingkan dengan studi terdahulu menunjukkan di kadar silica fume 15% memiliki nilai kuat tekan beton yang optimum dan kuat tekan yang dihasilkan berbeda dapat dilihat pada Gambar IV. 5, penelitian yang sudah dilakukan memiliki hasil yang berbeda hal ini disebabkan perbedaan metode pengujian dan bahan yang digunakan dalam campuran beton.

IV.8 Perbandingan Biaya Beton Normal dan Beton Silica Fume

Perhitungan biaya produksi yang dimaksud adalah perhitungan biaya produksi beton menggunakan komponen dari penelitian yang telah dilakukan yaitu dengan penambahan Silica Fume sebagai bahan tambah sebanyak 10% dari berat semen. Pemilihan kadar 10% dikarenakan memiliki kuat tekan rata-rata yang lebih tinggi dari kadar yang lain pada umur beton 28 hari.

Perhitungan biaya produksi beton ini bertujuan untuk mengetahui selisih antara biaya produksi beton menggunakan komponen pada umumnya dengan biaya produksi beton menggunakan bahan tambah Silica Fume.

Hasil uji kuat tekan rata-rata ($f'c$) diperoleh dengan penambahan silica fume 10% adalah 36 MPa. Untuk mencapai keseimbangan dalam membandingkan biaya produksi antara beton normal dan beton dengan penambahan silica fume, dilakukan perhitungan ulang untuk komposisi beton normal dengan kuat tekan yang mendekati nilai seperti yang dihasilkan, diperoleh komposisi baru untuk beton normal dengan kuat rencana ($f'c$) 36 MPa sebagai berikut.

Tabel IV. 38 Komposisi Campuran Beton Normal F'c 36 MPa

Material	Volume
Air	168
Semen	861
Agregat Halus	610
Agregat Kasar	777

Tabel IV. 39 Komposisi Campuran Beton Silica Fume 10% F'c 36 MPa

Material	Volume
Air	159.264
Semen	624
Agregat Halus	778
Agregat Kasar	777
Silica Fume 10%	89, 1

Dari komposisi campuran yang telah dibuat, dilakukan perhitungan biaya produksi beton untuk masing-masing jenis beton 1m^3 dengan mengacu pada Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Kontruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagai berikut.

Tabel IV. 40 Rincian Produksi Beton Normal, $f'c = 36\text{ MPa}$ (Umur 28 Hari)

No	Uraian	Kode	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Tenaga Kerja						
1	Pekerja	L.01	OH	1.000	Rp103,000.00	Rp103,000.00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.250	Rp154,500.00	Rp38,625.00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.025	Rp193,100.00	Rp4,827.50
4	Mandor	L.04	OH	0.050	Rp231,700.00	Rp11,585.00
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp158,037.50
B Bahan						
1	Semen portland	M.23	kg	861	Rp1,560.00	Rp1,343,160.00
2	Pasir beton	M.05.a.3	kg	610	Rp500.00	Rp305,000.00
3	Kerikil	M.04.d.3	kg	777	Rp750.00	Rp582,750.00
Jumlah Harga Bahan						Rp2,230,910.00
C Peralatan						
1	Molen kapasitas 0,35 m ³	E.29.c	Hari	0.238	Rp250,000.00	Rp59,500.00
Jumlah Harga Peralatan						Rp59,500.00
D Jumlah Harga Tenaga Kerja dan Bahan (A+B+C)						Rp2,448,447.50

Sumber: Permen PUPR No. 1 Tahun 2022

Tabel IV. 41 Rincian Produksi Beton dengan Silica Fume, $f'c = 36\text{ MPa}$ (Umur 28 Hari)

No	Uraian	Kode	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Tenaga Kerja						
1	Pekerja	L.01	OH	1.000	Rp103,000.00	Rp103,000.00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.250	Rp154,500.00	Rp38,625.00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.025	Rp193,100.00	Rp4,827.50
4	Mandor	L.04	OH	0.050	Rp231,700.00	Rp11,585.00
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp158,037.50
B Bahan						
1	Semen portland	M.23	kg	624	Rp1,560.00	Rp973,440.00
2	Pasir beton	M.05.a.3	kg	778	Rp500.00	Rp389,000.00
3	Kerikil	M.04.d.3	kg	777	Rp750.00	Rp582,750.00
4	Silica Fume	-	kg	89.1	Rp10,400.00	Rp926,640.00
Jumlah Harga Bahan						Rp2,871,830.00
C Peralatan						

1	Molen kapasitas 0,35 m ³	E.29.c	Hari	0.238	Rp250,000.00	Rp59,500.00
Jumlah Harga Peralatan						Rp59,500.00
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja dan Bahan (A+B+C)					Rp3,089,367.50

Sumber: Permen PUPR No. 1 Tahun 2022

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh total biaya produksi beton normal per 1m³ tanpa penambahan Silica fume sebesar 10% dan total biaya Rp2.448.447,50 produksi beton dengan penambahan Silica Fume 10% per 1m³ sebesar Rp 3.089.367,00. Selisih yang diperoleh sebesar Rp 926.640,00 dimana biaya yang dibutuhkan untuk produksi beton dengan penambahan Silica Fume cukup besar jika dibandingkan dengan beton normal.

Dari analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan silica fume 10% dalam campuran beton mengakibatkan peningkatan biaya produksi sebesar Rp 926.640,00. Artinya, dari perspektif biaya produksi, beton biasa lebih ekonomis.

Namun, dalam situasi tertentu, Silica fume dapat digunakan dalam dunia konstruksi karena memiliki kelebihan dalam hal menaikkan mutu beton dan ketahanan beton. Dengan kelebihan yang dimiliki oleh beton dengan penambahan Silica fume dapat mengimbangi biaya tambahan yang diperoleh dari hasil produksi beton. Oleh karena itu, pemilihan antara beton normal dan beton dengan penambahan Silica fume harus mempertimbangkan baik aspek teknis maupun aspek ekonomis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan penambahan silica fume sebagai bahan tambah dalam campuran beton dapat mempengaruhi kuat tekan beton karena dengan penambahan presentase silica fume. Dalam penelitian ini benda uji mencapai nilai kuat tekan yang yang direncanakan yaitu 25 MPa. Penggunaan Silica fume dengan variasi 10%, 12,5% dan 15% sebagai bahan tambah pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton.
 - a. Penggunaan Silica fume sebanyak 10% dari kuat tekan beton hingga 20% dari kuat tekan beton normal atau sebesar 36,97 MPa.
 - b. Penggunaan Silica fume sebanyak 12,5% dari kuat tekan beton hingga 17% dari kuat tekan beton normal atau sebesar 36,08 MPa
 - c. Penggunaan Silica fume sebanyak 15% dari kuat tekan beton hingga 13% dari kuat tekan beton normal atau sebesar 34,76 MPa.
2. Terlihat bahwa mutu beton mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan umur beton dari umur 7 hari hingga 28 hari. Nilai optimum pada beton normal sebesar 29,93 Mpa pada umur 28 hari sedangkan uji kuat tekan beton dengan bahan tambah Silica fume kadar 10% sebesar 34,98 MPa memperoleh hasil uji kuat tekan beton yang optimum pada umur 28 hari. Selain itu, uji kuat tekan beton yang mengandung bahan tambah Silica fume dengan kadar 12,5% dan 15% mencapai hasil uji kuat tekan optimum jika dibandingkan dengan beton

normal.

3. Penggunaan bahan tambah silica fume berpengaruh pada uji kuat tekan beton umur 14 hari adanya penurunan kuat tekan beton dikarenakan efek laju reaksi hidrasi karena adanya bahan tambah silica fume sehingga reaksi ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai tingkat optimal.
4. Studi terdahulu menunjukkan kuat tekan optimum diperoleh pada silica fume kadar 15% namun pada penelitian penulis kuat tekan yang diperoleh pada silica fume kadar 10% dengan kuat tekan beton sebesar 36,97 MPa umur 28 hari. Hal ini disebabkan metode dan bahan tambah yang berbeda dalam melakukan pengujian
5. Penggunaan Silica fume 10% dalam campuran beton mengakibatkan peningkatan biaya produksi sebesar RP 926.640,00, yang berarti beton normal lebih ekonomis dari segi biaya produksi. Namun, dalam situasi tertentu, silica fume dapat digunakan dalam dunia kebutuhan konstruksi seperti peningkatan kekuatan beton dan ketahanan beton terhadap korosi maka dari itu dibutuhkan silica fume untuk memenuhi kebutuhan konstruksi. Oleh karena itu, pemilihan antara beton normal dengan beton dengan penambahan silica fume harus mempertimbangkan baik aspek teknis maupun aspek ekonomis.

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan kesimpulan yang telah dipaparkan, maka untuk penelitian ini disarankan :

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar dapat mencoba kuat tekan rencana yang lebih tinggi dan variasi presentase yang lebih banyak.
2. Penambahan silica fume pada beton normal dapat dilakukan untuk

meningkatkan kuat tekan beton, namun perlu diperhatikan dosis optimal dari silica fume agar tidak menimbulkan penurunan mutu beton.

3. Dalam pengerjaan dilapangan perlu diperhatikan dalam uji material, pengecoran, pembuatan benda uji sampai dengan *capping* agar tidak terjadi kesalahan dan berdampak pada hasil uji kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnes Sentani Klau, Frans Phengkarsa, and Olan Jujun Sanggaria. 2021. "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton." *Paulus Civil Engineering Journal* 3 (4): 479–88. <https://doi.org/10.52722/pcej.v3i4.327>.
- Agus, Irzal, and La Ode Fahmi Aristo. 2018. "Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Zat Additif Sika Fume (Gradasi Lolos ½", Tertahan 3/8" Dan Tertahan No 4)." *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN* 7 (1): 10–19. <https://doi.org/10.55340/jmi.v7i1.601>.
- Ahmad, Irma Aswani, Nur Anny Suryaningsih Taufieq, and Abdul Hamid Aras. 2009. "Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton." *Jurnal Teknik Sipil* 16 (2): 63. <https://doi.org/10.5614/jts.2009.16.2.2>.
- ASTM C-618-03. 2003. "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use." *Annual Book of ASTM Standards* 04 (C): 3–6.
- ASTM C 1602. 2006. "Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete."
- ASTM C33-03. 2003. "ASTM C33- 03 : Standard Specification for Concrete Aggregate." *Annual Book of ASTM Standards* 04: 1–11.
- ASTM C494. 2013. "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete." *Annual Book of ASTM Standards* 04: 1–9.
- Badan Standardisasi Nasional. 1990. "SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton." *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.

- Dewi, Nindya Rossavina, Denny Dermawan, and Mochammad Luqman Ashari. 2016. "Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Bsp) (Studi Kasus : Pt. Varia Usaha Beton)." *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan* 13 (1): 34. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v13i1.34-43>.
- Duffs Abrams. 1998. "A New Approach To Generalize Abrams Rule for Mix Design Purposes," no. November.
- Fathonah, Woelandari, Enden Mina, Rama Indera Kusuma, and Dicky Damari. 2022. "Kinerja Semen Portland Komposit Sebagai Stabilisator Subgrade Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas." *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil* 19 (1): 28–34. <https://doi.org/10.30630/jirs.v19i1.752>.
- Firmansyah Agustiana, Khamal, Haryo Koco Buwono, and dan R Tanjung Rahayu. 2022. "Pengaruh Waterproofing Integral Crystalline (Penetron Admix) Terhadap Kuat Tekan Beton," no. November: 1–10.
- Hadori, A;, and Y; Pranoto. 2019. "Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Fly Ash Dan Admixture Superplasticizer." *Jurnal Inersia VII* (1): 50–55. <http://e-journal.polnes.ac.id/index.php/inersia/article/view/542>.
- Mahyar, Herri, Staf Pengajar, Jurusan Teknik, Sipil Politeknik, and Negeri Lhokseumawe. 2013. "Pemakaian Additive Micro Silica Dalam Campuran Beton Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Normal" 5 (1): 1.
- Mite, Kresensia G, Partogi H Simatupang, and Judi K Nasjono. 2017. "Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Reactive Powder Concrete." *Jurnal Teknik Sipil VI* (2): 219–30.
- Pratiwi, Vitta. 2015. "Kajian Model Fisik Rambatan Banjir Di Sekitar Bangunan


- Akibat Dambreak Konfigurasi 4 Bangunan Dan Bangunan Miring.” *Majalah Ilmiah UNIKOM* 12 (1): 93–108. <https://doi.org/10.34010/miu.v12i1.40>.
- Rajiman, and Dewa Gede Putra. 2017. “Ketahanan Sulfat Semen OPC + FLY ASH Dengan PORLAND Composite Cemen (PPC) Pada Mutu Beton K-300.” *Teknika Sains* 02 (02): 109.
- S-04-1989-F), (SK SNI. n.d. . “. Bidang Pekerjaan Umum) - ’.”
- Salih, Syakir, Universitas Teknologi, Universitas Teknik Al-furat Al-awsat, Maan Salman Hasan, and Universitas Teknologi. 2016. “Aktivitas Pozolanik Dan Kuat Tekan Beton Incorporated Nano / Micro Silica Aktivitas Pozolanik Dan Kuat Tekan Beton Incorporated Nano / Mikro Silika,” no. April.
- SK-SNI-T-15-1990-03. 1994. “Semen Portland Di Indonesia Menurut SII 0013-81 Dibagi Menjadi Lima Jenis 1 . Jenis I 3 . Jenis III 4 . Jenis IV 5 . Jenis V.”
- SNI-15-2049. 2004. “A Comparison of Pain Measures Used with Patients with Fibromyalgia.” *Journal of Nursing Measurement* 10 (1): 5–14.
<https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>.
- SNI-4142. 1996. “Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus.” *Bandung: Badan Standardisasnisi Indonesia*, 1–17.
- SNI 03-1970. 1990. “Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus.” *Bandung: Badan Standardisasnisi Indonesia*, 1–17.
- SNI 03-2194. 1992. “SPESIFIKASI BETON BERTULANG KEDAP AIR Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang Diterbitkan Oleh Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan Jalan Tamansari No . 84 Bandung.”
SPESIFIKASI BETON BERTULANG KEDAP AIR Spesifikas.
- SNI 03-2834-2000. 2000. “SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana

- Campuran Beton Normal.” *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- SNI 1970:2008. 2008. “SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus.” *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18.
- <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>.
- SNI 2847. 2013. “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.” *SNI 2847-*, 265.
- Tarru, Reni Oktaviani. 2018. “Studi Penggunaan Silica Fume Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Beton.” *Journal Dynamic Saint* 3 (1): 472–85. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v3i1.271>.
- Tjokrodimuljo. 1996. “Tjokrodimulyo.” *Teknologi Beton*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

7



Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI

BALAI BESAR STANDARDISASI PELAYANAN JASA INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK

Jl. Sangkurlang no. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT-INDONESIA

PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON
SNI 1974-2011

NO. ORDER

TANGGAL DITERIMA

TANGGAL DIUJI


: 103 - 0LRW0V6 *Unikom*


: 14/08/2023


: 04/08/2023


No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi (cm)		Luas Bidang Tekan (cm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Pola Kehancuran
						T	g				
1	BN.7 FC 25	07/07/23	04/08/23	28	11,74	30	15	176,71	600,0	33,98	(1) (2) (3) (4) (5)
2	BN.8 FC 25	07/07/23	04/08/23	28	11,76	30	15	176,71	584,4	33,08	(1) (2) (3) (4) (5)
3	BN.9 FC 25	07/07/23	04/08/23	28	11,88	30	15	176,71	402,3	22,77	(1) (2) (3) (4) (5)
4	SF-10%-MII NO.1 FC 25	07/07/23	04/08/23	28	12,00	30	15	176,71	613,1	34,71	(1) (2) (3) (4) (5)
5	SF-10%-MI NO.2 FC 25	07/07/23	04/08/23	28	11,78	30	15	176,71	615,4	34,84	(1) (2) (3) (4) (5)
6	SF-10%-MII NO.3 FC 25	07/07/23	04/08/23	28	11,86	30	15	176,71	626,1	35,44	(1) (2) (3) (4) (5)


Pilihan pola kehancuran


1


2


3





4


5


Diuji Oleh	Diperiksa Oleh	Disetujui Oleh	Disaksikan Oleh

:03/06/Rev.2/18112021

LAMPIRAN B


		BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK Jl. Sangkurlang no. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT-INDONESIA										
PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON SNI 1974-2011												
NO. ORDER : 103 - 0LRW0V6 TANGGAL DITERIMA : 07/08/23 TANGGAL DIUJI : 07/08/23												
No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi (cm)		Luas Bidang Tekan (cm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Pola Kehancuran	
						T	Ø					
1	SF 12,5% M-I NO.1 FC 25	10/07/23	07/08/23	28	11,68	30	15,00	176,71	643,3	36,40	(4) (2) (3) (4) (5)	
2	SF 12,5% M-II NO.2 FC 25	10/07/23	07/08/23	28	11,44	30	15,00	176,71	612,3	34,65	(4) (2) (3) (4) (5)	
3	SF 12,5% M-III NO.3 FC 25	10/07/23	07/08/23	28	11,48	30	15,00	176,71	559,6	31,67	(4) (2) (3) (4) (5)	
4	SF 15% M-II NO.1 FC 25	10/07/23	07/08/23	28	11,48	30	15,00	176,71	610,7	34,56	(4) (2) (3) (4) (5)	
5	SF 15% M-I NO.2 FC 25	10/07/23	07/08/23	28	11,56	30	15,00	176,71	566,8	32,07	(4) (2) (3) (4) (5)	
6	SF 15% M-II NO.3 FC 25	10/07/23	07/08/23	28	11,78	30	15,00	176,71	631,7	35,75	(4) (2) (3) (4) (5)	
LAPORAN SEMENTARA												
Pilihan pola kehancuran												
												
Diuji Oleh				Diperiksa Oleh				Disetujui Oleh			Disaksikan Oleh	
 SLOW - S.												
F.03/06/Rev.1/30122020												


LAMPIRAN C


 Kementerian Perindustrian <small>REPUBLIK INDONESIA</small>	BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK <small>Jl. Sengkaling no. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT-INDONESIA</small>										
PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON <small>SNI 1974-2011</small>											
NO. ORDER TANGGAL DITERIMA TANGGAL DIUJI	: 103 – 0LRW0V6 : 14/07/23 : 24/07/23										
No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi (cm)		Luas Bidang Tekan (cm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Pola Kehancuran
						T	φ				
1	SF-12,5% -MI No.1 FC'25	10/07/23	24/07/23	14	11,74	30	15,00	176,71	500,5	28,32	(*) (2) (3) (4) (5)
2	SF-12,5% -M II No.2 FC'25	10/07/23	24/07/23	14	11,76	30	15,00	176,71	466,2	26,38	(*) (2) (3) (4) (5)
3	SF-12,5% -MI No.3 FC'25	10/07/23	24/07/23	14	11,64	30	15,00	176,71	356,0	20,15	(*) (2) (3) (4) (5)
4	SF15% -MI No.1 FC'25	10/07/23	24/07/23	14	11,50	30	15,00	176,71	351,3	19,88	(*) (2) (3) (4) (5)
5	SF15% -MII No.2 FC'25	10/07/23	24/07/23	14	11,70	30	15,00	176,71	267,0	15,11	(*) (2) (3) (4) (5)
6	SF15% -MI No.3 FC'25	10/07/23	24/07/23	14	11,66	30	15,00	176,71	474,5	26,85	(*) (2) (3) (4) (5)


LAPORAN SEMENTARA


Pilihan pola kehancuran



1


2


3





4


5


Diuji Oleh  (Irfan Nurdin) NIP.197505102005021001	Diperiksa Oleh	Disetujui Oleh	Disaksikan Oleh
---	----------------	----------------	-----------------

F.03/06/Rev.1/30122020

LAMPIRAN D

		BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK Jl. Sangkuriang no. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT-INDONESIA									
PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON SNI 1974-2011											
NO. ORDER : 103 – OLRW006 TANGGAL DITERIMA : 14/07/23 TANGGAL DIUJI : 21/07/23		: <i>Unikem</i>									
No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi (cm)		Luas Bidang Tekan (cm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Pola Kehancuran
						T	Ø				
1	BN. 4 FC'25	07/07/23	21/07/23	14	11,80	30	15,00	176,71	361,8	20,47	(4) (2) (3) (4) (5)
2	BN. 5 FC'25	07/07/23	21/07/23	14	11,82	30	15,00	176,71	437,5	24,76	(4) (2) (3) (4) (5)
3	BN. 6 FC'25	07/07/23	21/07/23	14	11,94	30	15,00	176,71	502,1	28,41	(4) (2) (3) (4) (5)
4	SF10% -MII No.1 FC'25	07/07/23	21/07/23	14	11,86	30	15,00	176,71	346,1	19,59	(4) (2) (3) (4) (5)
5	SF-10% -MI No.2 FC'25	07/07/23	21/07/23	14	11,82	30	15,00	176,71	427,8	24,21	(4) (2) (3) (4) (5)
6	SF10% -MI No.3 FC'25	07/07/23	21/07/23	14	11,58	30	15,00	176,71	529,3	29,95	(4) (2) (3) (4) (5)
LAPORAN SEMENTARA											
Pilihan pola kehancuran											
											
Diuji Oleh			Diperiksa Oleh			Disetujui Oleh			Disaksikan Oleh		
 (Irfan Nurdin) NIP.197505102005021001											
F.03/06/Rev.1/30122020											


LAMPIRAN E

 <p>Kementerian Perindustrian REPUBLIK INDONESIA</p>	<p>BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK Jl. Sangkuring no. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT-INDONESIA</p>											
<p>PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON SNI 1974-2011</p>												
<p>NO. ORDER : 103 – 0LRW0V6 TANGGAL DITERIMA : 14/07/23 TANGGAL DIUJI : 17/07/23</p>												
<p>No</p>	<p>Kode</p>	<p>Tanggal Pembuatan</p>	<p>Tanggal Pengujian</p>	<p>Umur (hari)</p>	<p>Berat Benda Uji (kg)</p>	<p>Dimensi (cm)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td style="text-align: center;">φ</td> </tr> </table>	T	φ	<p>Luas Bidang Tekan (cm²)</p>	<p>Gaya Tekan (kN)</p>	<p>Kuat Tekan (MPa)</p>	<p>Pola Kehancuran</p>
T	φ											
1	SF12,5% -M I No.1 FC'25	10/07/23	17/07/23	7	11,52	30 15,00	176,71	340,3	19,26	(4) (2) (3) (4) (5)		
2	SF12,5% -M II No.2 FC'25	10/07/23	17/07/23	7	11,48	30 15,00	176,71	394,1	22,30	(4) (2) (3) (4) (5)		
3	SF12,5% -M I No.3 FC'25	10/07/23	17/07/23	7	11,70	30 15,00	176,71	399,9	22,63	(4) (2) (3) (4) (5)		
4	SF15% -M I No.1 FC'25	10/07/23	17/07/23	7	11,64	30 15,00	176,71	379,1	21,45	(4) (2) (3) (4) (5)		
5	SF15% -M II No.2 FC'25	10/07/23	17/07/23	7	11,80	30 15,00	176,71	356,1	20,15	(4) (2) (3) (4) (5)		
6	SF15% -M I No.3 FC'25	10/07/23	17/07/23	7	11,56	30 15,00	176,71	377,8	21,38	(4) (2) (3) (4) (5)		

LAPORAN SEMENTARA

Pilihan pola kehancuran



<p>Diuji Oleh</p> <p style="text-align: center;"> (Irfan Nurdin) NIP.197505102005021001</p>	<p>Diperiksa Oleh</p>	<p>Disetujui Oleh</p>	<p>Disaksikan Oleh</p>
---	------------------------------	------------------------------	-------------------------------

LAMPIRAN F

 <p>Kementerian Perindustrian REPUBLIK INDONESIA</p>	<p>BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK <small>Jalan Sangkurlang nomor 14, Kota Bandung, Jawa Barat 40135</small></p>									
<p>PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON SNI 1974-2011</p>										
<p>NO. ORDER : OLRW0V6 TANGGAL DITERIMA : 14/07/23 TANGGAL DIUJI : 14/07/23</p>										
<p>Kode</p>	<p>Tanggal Pembuatan</p>	<p>Tanggal Pengujian</p>	<p>Umur (hari)</p>	<p>Berat Benda Uji (kg)</p>	<p>Dimensi (cm)</p> <p>T ø</p>		<p>Luas Bidang Tekan (cm²)</p>	<p>Gaya Tekan (kN)</p>	<p>Kuat Tekan (MPa)</p>	<p>Pola Kehancuran</p>
1 SF-10%- E -M1 Sampel 1 FC-25	07/07/23	14/07/23	7	11,06	30	15,00	176,71	439,8	24,89	(+) (2) (3) (4) (5)
2 SF-10%- F -M1 Sampel 2 FC-25	07/07/23	14/07/23	7	11,88	30	15,00	176,71	394,1	22,30	(+) (2) (3) (4) (5)
3 SF-10%- G -M1 Sampel 3 FC-25	07/07/23	14/07/23	7	11,88	30	15,00	176,71	385,8	21,83	(+) (2) (3) (4) (5)

LAPORAN SEMENTARA

Pilihan pola kehancuran


1


2


3


4


5

Diuji Oleh (Genki T. Pantouw, S.Si.) NIP. 199607012022021001	Diperiksa Oleh	Disetujui Oleh	Disaksikan Oleh
--	----------------	----------------	-----------------

F.03/06/Rev.1/30122020

LAMPIRAN G

		BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK <small>Jalan Sangkurling nomor 14, Kota Bandung, Jawa Barat 40135</small>									
PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON											
SNI 1974-2011											
NO. ORDER		: 103- 0LRW0V8									
TANGGAL DITERIMA		: 14/07/23									
TANGGAL DIUJI		: 14/07/23									
Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi (cm)		Luas Bidang Tekan (cm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Pola Kehancuran	
					T	g					
1	BN 1-FC'25	07/07/23	14/07/23	7	11,96	30	15,00	176,71	404,2	22,87	(+) (2) (3) (4) (5)
2	BN 2-FC'25	07/07/23	14/07/23	7	12,04	30	15,00	176,71	425,3	24,07	(+) (2) (3) (4) (5)
3	BN 3-FC'25	07/07/23	14/07/23	7	11,82	30	15,00	176,71	420,9	23,82	(+) (2) (3) (4) (5)

LAPORAN SEMENTARA

Pilihan pola kehancuran



1



2



3



4



5

Uji Oleh (Genki T. Pantouw, S.SI) NIP. 199607012022021001	Diperiksa Oleh	Disetujui Oleh	Disaksikan Oleh
---	----------------	----------------	-----------------

01.06/Rev.1/30122020