

49/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2025

SKRIPSI

**PENGARUH SUBSTITUSI SEMEN HIDROLIK VARIASI (25, 30, 35)%
TERHADAP KARAKTERISTIK BETON NORMAL FC' 35 MPA DENGAN
*MICROFIBER DAN SUPERPLASTICIZER***



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh :

Zela Fadhila

NIM 2101421034

Pembimbing :

Nunung Martina, S.T., M.Si.

NIP 196703081990032001

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi Berjudul

PENGARUH SUBSTITUSI SEMEN HIDROLIK VARIASI (25, 30, 35)% TERHADAP KARAKTERISTIK BETON NORMAL FC' 35 MPA
DENGAN *MICROFIBER* DAN *SUPERPLASTICIZER*

Yang disusun oleh **Zela Fadhila (2101421034)** telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi 2**

Pembimbing

Nunung Martina, S.T., M.Si

NIP. 197401 311998022001



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi berjudul:

Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25, 30, 35)% Terhadap Karakteristik Beton Normal Fc' 35 MPa Dengan Microfiber Dan Superplasticizer

yang disusun oleh **Zela Fadhila (2101421034)** telah dipertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap 2** di depan tim penguji pada hari **senin** tanggal **25 Juni 2025**

	Nama Tim Penguji	Tanda tangan
Ketua	Mudiono Kasmuri , S.T., M.Eng., Ph.D NIP. 198012042020121001	
Anggota 1	Lilis Tiyani, S.T., M.Eng. NIP. 199504132020122025	

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



Istiatun, S.T., M.T.
NIP. 196605181990102001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Zela Fadhila
NIM : 2101421034
Program Studi : D4 Teknik Konstruksi Gedung
Alamat Email : zela.fadhila.ts21@mhsw.pnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25, 30, 35)%
Terhadap Karakteristik Beton Normal Fc' 35 MPa Dengan
Microfiber dan Superplasticizer

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2024/2025 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutkan dalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 14 Juli 2025

Penulis
(Zela Fadhila)



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25, 30, 35)% Terhadap Karakteristik Beton Normal Fc’ 35 MPa Dengan *Microfiber* dan *Superplasticizer*” dapat diselesaikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penyusunan skripsi ini,

1. Kedua orang tua tersayang, Ibu Yulliza dan Ayah Muhammad Fahyudi Hidayat, atas segala pengorbanan, kerja keras, kasih sayang, doa, serta dukungan tanpa henti yang selalu mengiringi langkah penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Kakak-kakak penulis, Kak Evita Ulfiatu Laily dan Kak Mochammad Adryan Ramadhan, serta seluruh keluarga dan saudara, atas doa, kasih sayang, motivasi, serta dukungan moral dan materi yang menjadi sumber semangat penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Ibu Nunung Martina, S.T., M.Si selaku Dosen Pembimbing penulis yang telah memberikan ilmu, arahan dan bimbingan, serta masukkan yang berharga selama proses penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir kepada penulis dengan sabar dan teliti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan dukungan serta fasilitas yang membantu pelaksanaan skripsi ini sehingga berjalan dengan baik.
5. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Kaprodi Teknik Konstruksi Gedung Jurusan Teknik Sipil PNJ, atas dukungan, motivasi, dan kebijakan akademik yang mendukung kelancaran studi dan penyusunan tugas akhir.
6. Para Bapak/Ibu dosen yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, serta karyawan dan staf dari Administrasi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
7. Mas Senditia Dilang R, A.Md, S.T. selaku Dosen Industri penulis yang telah dengan murah hati menyediakan material yang sangat dibutuhkan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dalam penelitian ini. Dukungan dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Mas Kusno Wijayanto, Tenaga Kependidikan PLP Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil PNJ, atas bantuan dan arahan teknis selama pengujian material serta pelaksanaan praktikum dan penelitian.
9. Teman-teman kelompok penelitian, Ayu, Shanggita, Bimo, Farid, Regga Renata, dan Bagus yang selalu kebersamai, memberikan dukungan, semangat, dan diskusi bersama dalam pelaksanaan penelitian ini.
10. Teman-teman Program Studi Teknik Konstruksi Gedung angkatan 2021 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan diskusi bersama.
11. Teman-teman kelas 4 TKG 2 yang selalu memberikan hiburan, dukungan, semangat, dan telah menjadi bagian dari perjalanan penulis hingga saat ini.
12. Teman-teman *Backburner*, Banes, Pucit, Jati, Shoffy, Ody, dan Nuyuy yang selalu menjadi penghibur selama masa perkuliahan, juga memberikan dukungan, dan semangat.
13. Muhammad Alif Ramadhan Purnomo, seseorang yang selalu menemani penulis, menjadi pendengar yang baik dalam keluh kesah penulis, serta menghibur, memberikan semangat, dukungan, dan membantu penulis dalam proses penelitian skripsi ini.
14. Semua pihak yang telah membantu hingga tersusunnya skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis berusaha menyajikannya sesuai dengan ilmu dan pengalaman yang penulis miliki, namun karena keterbatasan pengalaman dan pengetahuan yang penulis miliki, skripsi ini tentu masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan yang membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Depok, 14 Juli 2025

Penulis
(Zela Fadhila)



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Beton.....	5
2.2 Beton Serat.....	5
2.3 Bahan Penyusun Beton	6
2.3.1 Semen	6
2.3.2 Agregat	8
2.3.3 Air.....	9
2.3.4 Bahan campuran tambahan.....	9
2.4 Mix Design	12
2.5 Pengujian Sifat Fisis Beton.....	13
2.5.1 Berat isi beton.....	13
2.5.2 Waktu ikat beton	13
2.5.3 Uji <i>Slump</i>	13
2.6 Pengujian Sifat Mekanis Beton.....	14
2.6.1 Kuat Tekan	14
2.6.2 Kuat Tarik Belah	15

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6.3	Kuat Lentur.....	16
2.7	<i>State of the art</i> (Penelitian terdahulu).....	17
2.8	<i>Novelty</i> (Keterbaruan).....	19
2.9	Hipotesis	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	20
3.2	Objek Penelitian.....	21
3.3	Alat Penelitian.....	22
3.3.1	Perlengkapan K3	22
3.3.2	Alat Pengujian Bahan	22
3.3.3	Alat Pengujian Beton.....	23
3.4	Bahan Penelitian	24
3.5	Pengumpulan Data	25
3.6	Rancangan Penelitian.....	26
3.6.1	Persiapan Penelitian	26
3.6.2	Pengujian Semen	26
3.6.3	Pengujian Agregat	27
3.6.4	Persiapan Bahan Tambah	34
3.6.5	Perancangan Campuran (Mix Design)	34
3.6.6	Pembuatan Benda Uji.....	34
3.6.7	Pengujian Beton Segar	35
3.6.8	Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	37
3.6.9	Prosedur Pengujian Beton Keras	37
3.7	Metode Analisis Data.....	40
3.8	Rancangan Penelitian.....	42
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Data Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	43
4.1.1	Semen	43
4.1.2	Agregat Kasar	44
4.1.3	Agregat Halus	48
4.1.4	Rekapitulasi Pengujian Bahan.....	52
4.2	Data Rancangan Campuran (Mix Design).....	53
4.2.1	Rancangan Campuran 1 m ³ Beton Normal.....	53
4.2.2	Langkah Perhitungan.....	53
4.3	Pengujian Beton Segar	56



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.1	Pengujian <i>Slump</i>	56
4.3.2	Berat Isi Beton Segar.....	59
4.3.3	Waktu Ikat	62
4.4	Pengujian Beton Keras.....	70
4.4.1	Kuat Tekan	70
4.4.2	Kuat Tarik Belah	85
4.4.3	Kuat Lentur.....	88
BAB V PENUTUP.....		92
5.1	Kesimpulan	92
5.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA.....		94
LAMPIRAN.....		96



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kratos Micro PS	10
Gambar 2. 2 Superplasticizer Devcon A875	11
Gambar 2. 3 Pengujian Kuat Tekan	14
Gambar 2. 4 Pengujian Kuat Tarik	15
Gambar 2. 5 Benda uji, perletakan dan pembebanan	16
Gambar 2. 6 Garis-garis perletakan dan pembebanan	16
Gambar 3. 1 Lokasi Pengadukan dan Pengujian Beton Segar	20
Gambar 3. 2 Lokasi Pengujian Material dan Beton Keras	20
Gambar 4. 1 Gradasi Pengujian Agregat Kasar	47
Gambar 4. 2 Gradasi Pengujian Agregat Halus	51
Gambar 4. 3 Grafik Nilai <i>Slump</i>	57
Gambar 4. 4 Perbandingan Nilai <i>Slump</i>	57
Gambar 4. 5 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Uji <i>Slump</i>	58
Gambar 4. 6 Hasil Analisi SPSS (model summary) Uji <i>Slump</i>	59
Gambar 4. 7 Grafik Berat Isi Beton	60
Gambar 4. 8 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Berat Isi	61
Gambar 4. 9 Hasil Analisis SPSS (model summary) Berat Isi	62
Gambar 4. 10 Grafik Waktu Ikat Variasi OPC 100%	62
Gambar 4. 11 Grafik Waktu Ikat Variasi OPC 75% + HC 25%	63
Gambar 4. 12 Grafik Waktu Ikat Variasi OPC 70% + HC 30%	64
Gambar 4. 13 Grafik Waktu Ikat Variasi OPC 65% + HC 35%	65
Gambar 4. 14 Grafik Waktu Ikat Variasi OPC 75% + HC 25% + MF + SP	66
Gambar 4. 15 Grafik Waktu Ikat Variasi OPC 70% + HC 30% + MF + SP	67
Gambar 4. 16 Grafik Waktu Ikat Variasi OPC 65% + HC 35% + MF + SP	68
Gambar 4. 17 Grafik Rekapitulasi Waktu Ikat	68
Gambar 4. 18 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Waktu Ikat	69
Gambar 4. 19 Hasil Analisis SPSS (model summary) Waktu Ikat	70
Gambar 4. 20 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	71
Gambar 4. 21 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari ..	72
Gambar 4. 22 Hasil Analisis SPSS (model summary) Kuat Tekan Beton Umur 7 hari	73
Gambar 4. 23 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	74

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 24 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	75
Gambar 4. 25 Hasil Analisis SPSS (model summary) Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	76
Gambar 4. 26 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari.....	77
Gambar 4. 27 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari	77
Gambar 4. 28 Hasil Analisis SPSS (model summary) Kuat Tekan Beton 21 Hari ...	78
Gambar 4. 29 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	79
Gambar 4. 30 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	80
Gambar 4. 31 Hasil Analisis SPSS (model summary) Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	81
Gambar 4. 32 Grafik Kuat Tekan Pasca Bakar	82
Gambar 4. 33 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Pasca Bakar dan Tidak Dibakar	83
Gambar 4. 34 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Kuat Tekan Beton Pasca Bakar ...	84
Gambar 4. 35 Hasil Analisis SPSS (model summary) Kuat Tekan Beton Pasca Bakar	85
Gambar 4. 36 Grafik Kuat Tarik Belah.....	86
Gambar 4. 37 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Kuat Tarik Belah	87
Gambar 4. 38 Hasil Analisis SPSS (model summary) Kuat Tarik Belah	88
Gambar 4. 39 Grafik Kuat Lentur	89
Gambar 4. 40 Hasil Analisis SPSS (coefficients) Kuat Lentur.....	90
Gambar 4. 41 Hasil Analisis SPSS (model summary) Kuat Lentur	91



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Bahan Penyusun Semen OPC	6
Tabel 2. 2 Bahan Penyusun Semen Hidrolik	7
Tabel 2. 3 Batas Gradasi Agregat Halus	8
Tabel 2. 4 Batas Gradasi Agregat Kasar	8
Tabel 2. 5 Properti Fisik Kratos Micro PS	10
Tabel 2. 6 Data Teknis Superplasticizer Devcon A875	11
Tabel 3. 1 Rincian Jumlah Benda Uji	21
Tabel 4. 1 Berat Jenis Semen OPC	43
Tabel 4. 2 Berat Jenis Semen Hidrolik.....	43
Tabel 4. 3 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	44
Tabel 4. 4 Berat Isi dan Rongga Agregat Kasar.....	45
Tabel 4. 5 Analisis Ayak Agregat Kasar.....	46
Tabel 4. 6 Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	47
Tabel 4. 7 Kadar Air Agregat Kasar	48
Tabel 4. 8 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	49
Tabel 4. 9 Berat Isi dan Rongga Agregat Halus	50
Tabel 4. 10 Analisis Ayak Agregat Halus.....	50
Tabel 4. 11 Kadar Lumpur Agregat Halus.....	52
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Pengujian Bahan	52
Tabel 4. 13 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai <i>slump</i> dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.....	53
Tabel 4. 14 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton	54
Tabel 4. 15 Volume agregat kasar per satuan volume beton	54
Tabel 4. 16 Perkiraan berat awal beton segar	55
Tabel 4. 17 Proporsi campuran untuk 1 m ³	55
Tabel 4. 18 Proporsi campuran untuk 1 m ³	56
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	56
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Berat Isi Beton	59
Tabel 4. 21 Pengujian Waktu Ikat Variasi OPC 100%	62
Tabel 4. 22 Pengujian Waktu Ikat Variasi OPC 75% + HC 25%.....	63
Tabel 4. 23 Pengujian Waktu Ikat Variasi OPC 70% + HC 30%.....	64



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 24 Pengujian Waktu Ikat Variasi OPC 65% + HC 35%	65
Tabel 4. 25 Pengujian Waktu Ikat Variasi OPC 75% + HC 25% + MF + SP	66
Tabel 4. 26 Pengujian Waktu Ikat Variasi OPC 70% + HC 30% + MF + SP	67
Tabel 4. 27 Pengujian Waktu Ikat Variasi OPC 65% + HC 35% + MF + SP	67
Tabel 4. 28 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	71
Tabel 4. 29 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	73
Tabel 4. 30 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari	76
Tabel 4. 31 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	79
Tabel 4. 32 Hasil Kuat Tekan Pasca Bakar	82
Tabel 4. 33 Hasil Kuat Tarik Belah	85
Tabel 4. 34 Hasil Uji Kuat Lentur	88





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi.....	96
Lampiran 2 Formullir SI-1: Pernyataan Calon Pembimbing.....	98
Lampiran 3 Formulir SI-2 : Lembar Pengesahan.....	99
Lampiran 4 Formulir SI-3 : Lembar Asistensi Pembimbing	101
Lampiran 5 Formulir SI-3 : Lembar Asistensi Penguji.....	102
Lampiran 6 Formulir SI-4 : Persetujuan Pembimbing.....	103
Lampiran 7 Formulir SI-5 : Persetujuan Penguji	104
Lampiran 8 Formulir SI-7 : Lembar Bebas Pinjam Dan Urusan Administrasi	106





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emisi gas rumah kaca (GRK) adalah pelepasan gas-gas yang dapat menahan panas di atmosfer akibat aktivitas manusia dan menyebabkan peningkatan suhu dan perubahan iklim. Salah satu industri yang memiliki kontribusi terhadap emisi GRK adalah industri semen. Dalam proses pembuatan semen portland atau *Ordinary Portland Cement* (OPC), seluruh bahan penyusunnya dibakar dengan suhu mencapai 1500°C , dan menghasilkan material yang disebut klinker. Untuk mengurangi energi yang diperlukan dalam produksi semen OPC, penggunaan bahan-bahan substitusi yang lebih ramah lingkungan dalam campuran semen dinilai dapat menurunkan emisi gas rumah kaca. Penggunaan semen OPC dalam pembuatan beton dapat disubstitusi menggunakan semen hidrolik. Semen hidrolik ini merupakan produk semen yang lebih ramah lingkungan atau merupakan produk yang hijau karena menggunakan material klinker lebih sedikit (Kartawijaya, 2021).

Di samping upaya dalam mengurangi emisi gas rumah kaca, inovasi beton ramah lingkungan tetap harus sejalan dengan upaya mempertahankan sifat mekanis beton yang optimal. (Sidabutar et al., 2022) mengatakan bahwa beton memiliki kelemahan utama berupa sifat getas, yang menyebabkan ketidakmampuannya dalam menahan tegangan tarik. Oleh sebab itu, beton pada umumnya diperkuat dengan penambahan tulangan baja agar mampu menahan gaya tarik. Meskipun demikian, pada bagian beton yang mengalami tegangan tarik, masih sering mengalami retak halus. Salah satu cara untuk mengurangi retakan tersebut adalah dengan menambahkan serat ke dalam campuran beton. Serat ini berfungsi untuk menahan dan menghambat perkembangan retak akibat tegangan tarik, sehingga dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap retakan.

Akan tetapi menurut (Insani, 2023) penambahan kadar serat dapat menurunkan kelecakan beton karena air cenderung tertahan di sekitar permukaan serat. Untuk meningkatkan *workability* yang menurun akibat penambahan serat pada beton, maka digunakan *superplasticizer*. Adimitra (2024) *Superplasticizer* bekerja dengan cara memisahkan partikel semen sehingga tidak saling menempel, yang pada akhirnya meningkatkan fluiditas campuran beton. Jenis serat yang digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton seperti *microfiber* memiliki sifat tidak tahan terhadap

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

suhu tinggi. Pada suhu tinggi, sifat mekanis beton dapat mengalami penurunan akibat perubahan struktur serta degradasi material penyusunnya.

Maka, pada skripsi ini penulis akan mengkaji pengaruh variasi substitusi semen hidrolik pada beton normal dengan *microfiber* dan *superplasticizer*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengembangkan alternatif beton yang lebih ramah lingkungan dengan tetap mempertahankan kinerja mekanisnya. Kajian mengenai pengaruh variasi kadar semen hidrolik, serta penambahan *microfiber* dan *superplasticizer* terhadap beton bertujuan untuk menemukan kombinasi material yang optimal guna meningkatkan performa beton sekaligus mengurangi dampak lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang penelitian ini, dapat dirumuskan sejumlah permasalahan yang menjadi fokus pembahasan, di antaranya:

1. Bagaimana karakteristik beton $f_c'35$ Mpa dengan semen OPC;
2. Bagaimana karakteristik beton $f_c'35$ Mpa dengan substitusi semen hidrolik variasi 25%, 30%, 35% dengan bahan tambah *microfiber* dan *superplasticizer*;
3. Bagaimana perbandingan karakteristik beton $f_c'35$ Mpa substitusi semen hidrolik variasi 25%, 30%, 35% serta bahan tambah *microfiber* dan *superplasticizer* dengan beton yang menggunakan semen OPC tanpa substitusi semen hidrolik.
4. Bagaimana pengaruh temperatur tinggi terhadap kuat tekan beton $f_c'35$ Mpa dengan substitusi semen hidrolik variasi 25%, 30%, 35%, serta bahan tambah *microfiber* dan *superplasticizer*.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan arah dan ruang lingkup yang terfokus, sehingga pembahasan tidak meluas ke luar konteks. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan mutu beton $f_c' 35$ Mpa;
2. Pengujian mutu beton $f_c' 35$ Mpa dilakukan dengan indikator nilai faktor air semen (fas);



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Semen yang digunakan adalah semen OPC dan semen hidrolik produk Semen Tiga Roda dari PT. Indocement Tunggal Prakarsa;
4. Produk *microfiber* yang digunakan adalah *Kratos Micro PS* dengan dosis 300 gr/m³;
5. Produk *superplasticizer* yang digunakan adalah Devtard V281 dari PT. Devian Chemical Construction dengan dosis 0,8% dari berat semen;
6. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm;
7. Benda uji berbentuk balok dengan dimensi 15 cm × 15 cm × 60 cm;
8. Pengujian dilakukan pada benda uji beton berumur 7, 14, 21, dan 28 hari;
9. Nilai *Slump* yang direncanakan 75 – 100 mm;
10. Ukuran Agregat yang digunakan maksimum 20 mm;
11. Karakteristik beton yang akan diuji mencakup kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur;
12. Sifat mekanis beton diuji pada temperatur tinggi dengan suhu (250 - 300)°C.

1.4 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan karakteristik beton $f_c'35$ Mpa dengan semen OPC;
2. Mendapatkan karakteristik beton $f_c'35$ Mpa dengan substitusi semen hidrolik variasi 25%, 30%, 35% dengan bahan tambah *microfiber* dan *superplasticizer*;
3. Menganalisis perbandingan karakteristik beton $f_c'35$ Mpa substitusi semen hidrolik variasi 25%, 30%, 35% serta bahan tambah *microfiber* dan *superplasticizer* dengan beton yang menggunakan semen OPC;
4. Menganalisis pengaruh temperatur tinggi terhadap kuat tekan beton $f_c'35$ Mpa dengan substitusi semen hidrolik variasi 25%, 30%, 35%, serta bahan tambah *microfiber* dan *superplasticizer*.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun secara terstruktur dan sistematis dalam beberapa BAB. Oleh karena itu, sistematika penulisan skripsi disajikan sebagai berikut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I: PENDAHULUAN

Menguraikan alasan pemilihan topik, mengidentifikasi permasalahan yang muncul, merumuskan pertanyaan penelitian, menetapkan tujuan yang ingin dicapai, menentukan batasan ruang lingkup pembahasan, serta menjelaskan struktur sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tinjauan pustaka atau teori pendukung yang digunakan dalam penelitian yaitu tentang dasar teori permasalahan yang diteliti. Dalam bab ini juga akan diuraikan hipotesis awal peneliti.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang metode penelitian ini mencakup uraian mengenai lokasi dan waktu pelaksanaan, objek penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta teknik pengumpulan data yang diterapkan.

BAB IV: DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat penyajian dan analisis data, serta penjelasan mengenai hasil analisis yang diperoleh dan pembahasannya.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan sebagai jawaban atas rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan, serta memuat saran atau pendapat yang berkaitan dengan pelaksanaan tugas akhir.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Beton normal dengan semen OPC 100% memiliki kuat tekan 28 hari sebesar 24,67 MPa, menurun menjadi 19,99 MPa setelah pembakaran. Kuat tarik belah rata-rata 2,12 MPa dan kuat lentur 4,8 MPa.
2. Karakteristik beton dengan penggunaan variasi Semen Hidrolik sebagai substitusi OPC serta dengan penambahan *microfiber* dan *superplasticizer* adalah sebagai berikut:
 - Pada campuran OPC 75% dan HC 25% dengan *superplasticizer* dan *microfiber*, kuat tekan 28 hari mencapai 36,46 MPa dan menurun menjadi 31,37 MPa setelah pembakaran. Kuat tarik belah rata-rata 2,58 MPa, dan kuat lentur 4,92 MPa.
 - Pada campuran OPC 70% dan HC 30% dengan *superplasticizer* dan *microfiber*, kuat tekan 28 hari sebesar 27,69 MPa, turun menjadi 23,44 MPa setelah pembakaran. Kuat tarik belah rata-rata 2,45 MPa dan kuat lentur 4,74 MPa.
 - Pada campuran OPC 65% dan HC 35% dengan *superplasticizer* dan *microfiber*, kuat tekan 28 hari sebesar 21,93 MPa, menurun menjadi 17,66 MPa setelah pembakaran. Kuat tarik belah rata-rata 2,37 MPa dan kuat lentur 4,62 MPa.
3. Substitusi Semen Hidrolik 25% memberikan performa terbaik dengan kuat tekan 28 hari sebesar 36,46 MPa dan pasca bakar 31,37 MPa, melampaui beton OPC 100%. Kuat tarik belah dan lentur juga tertinggi. Kombinasi Semen Hidrolik, *microfiber*, dan *superplasticizer* efektif meningkatkan mutu beton, dengan 25% sebagai kadar optimal.
4. Pengaruh temperatur tinggi terhadap beton $f_c'35$ MPa dengan substitusi HC 25–35% serta tambahan *microfiber* dan *superplasticizer* menunjukkan penurunan kuat tekan pada semua variasi. Penurunan kuat tekan ini bisa diakibatkan melelehnya serat pada suhu tinggi, sehingga ini meninggalkan rongga mikro dalam beton yang dapat menyebabkan penurunan kuat tekan.



5.2

Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi variasi persentase penggunaan *superplasticizer* dalam campuran beton, mengingat pada penelitian ini hanya digunakan satu jenis dan satu dosis *superplasticizer* secara tetap.
2. Variasi jumlah *microfiber* perlu diteliti lebih lanjut, karena kelebihan dapat menurunkan *workability*, sedangkan kekurangan mengurangi kontribusi terhadap kekuatan tarik dan ketahanan retak. Diperlukan batas optimum untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan mekanis dan kemudahan pengerjaan.
3. Penelitian lanjutan disarankan untuk mencakup peningkatan variasi temperatur pembakaran, seperti pada rentang suhu 300°C, 500°C, hingga 700°C. Hal ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mengenai batas toleransi beton terhadap paparan suhu tinggi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, D., & Pratikto. (2018). *Pengujian Bahan 1 (Beton Semen)*.
- ACI Committee 544. (1996). Measurement of properties of fiber reinforced concrete. *ACI Materials Journal*, 85(6), 583–593.
- Amalia. (2021). *Struktur Beton Dasar Untuk Bangunan Gedung* (A. Indianto (ed.)).
- Amalia, & Martina, N. (2023). *Teknologi Beton Self Compacting Concrete (SCC) Dan Beton Serat*.
- ASTM International. (2003). ASTM C 29/C 29M – 97 : Standard Test Method for Method for Bulk Density (“ Unit Weight ”) and Voids in Aggregate. In *ASTM International: Vol. i* (Issue c).
- ASTM International. (2017). ASTM C 117 – 95 : Standard Test Method for Materials Finer than 75-µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing 1. In *ASTM International* (Issue 200).
- ASTM International. (2018). Standard Performance Specification for Hydraulic Cement. *C1157/C1157M – 20, Reapproved*, 3–5.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). *SNI 03-1968-1990 - Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. 1–17.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008a). *SNI 1970-2008 : Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. 7–18.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008b). *SNI 4513-2008 : Cara Uji Slump Beton*. 12.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011a). *SNI 1971-2011 : Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan*. 1–6.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011b). *SNI 1974-2011 : Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011c). *SNI 4431-2011 : Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan*. In *Badan Standardisasi Nasional* (Issue 1).
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 7656:2012 - Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *SNI 2491:2014 - Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 2049:2015 - Semen Portland*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1969:2016 - Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 - Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. 8, 720.
- Basri, H. (2019). Pemodelan Regresi Berganda Untuk Data Dalam Studi Kecerdasan Emosional. *DIDAKTIKA : Jurnal Kependidikan*.
- Darmawan, A., Halim, A., & Irawan, D. (2024). Pengaruh Penambahan Serat

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Fabrikasi (Micro Fibers) Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton. *Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4 No. 1(1).
- Ge, C., Chen, X., Gong, Y., Kong, X., & Chen, F. (2024). Effect of High Temperature on Micro-Structure and Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Cement-Based Composites. *Crystals*, 14(9), 1–15.
- Hamdi, F., Lopian, F. E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, D. D. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., Pérez, C., Aranceta, J., Serra, L., Carbajal, Á., Rangan, P. R., & Hamkah. (2022). 2021, Teknologi Beton. In *Tohar Media*.
- Insani, F. I. (2023). *Pengaruh Penambahan Sika Fiber PPM-12 dan Viscocrete 3115 N Terhadap Kekuatan Beton*.
- Irfan, M. A., & Rochmah, N. (2023). Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu sebagai Bahan Tambah terhadap Berat Isi Beton Alir. *PORTAL: Jurnal Teknik Sipil*, 146–151.
- Kadriani, K., Jasman, J., & Mustakim, M. (2024). Studi Karakteristik Beton Pasca Kebakaran. *Jurnal Konstruksi*, 22(2), 40–49.
- Kementerian PUPR. (2016). *Puslitbang : Pemahaman Teknologi Beton*.
- Ling, H., Mohammad, L., Mannan, A., Shamseldeen, R., Eethar, F., & Dawood, T. (2024). Discover Civil Engineering Characteristics of self - compacting green concrete. *Discover Civil Engineering, Civil*.
- Maulani, E. (2016). Pemakaian Tanah Diatomae Sebagai Substitusi Semen Fas 0.30 Dengan Perlakuan Kalsinasi Untuk Produksi Beton Normal. *Teras Jurnal*, 6(1).
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2001). Theoretical concepts of stress wave propagation in solids. In *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*.
- Nurandini, J., Martina, N., & Tiyani, L. (2024). *Pengaruh Penambahan Macro Fiber dan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Fc' 25 Dengan Perekat Hidrolis PCC*.
- PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. (2021). *Laporan Keberlanjutan 2021: Path to Greener and Sustainable Operation*.
- Setiadji, B. H., Dewabrata, H., Ay Lie, H., & Subagyo, S. A. P. (2020). *Studi Penggunaan Semen Slag sebagai Substitusi Semen Portland pada Beton*. 6(2), 117–128.
- Sidabutar, R. A., Simanjuntak, J. O., & Simangunsong, J. M. (2022). Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Visi Eksakta*, 3(1), 51–58.
- SNI-15-2531-1991_Pengujian Berat Jenis Semen Portland*. (n.d.).
- Sulfanita, A., Fadly, I., Syahril, M., & Ruslan, A. S. N. (2023). Studi Eksperimen Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Bakar terhadap Beton Normal. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 23(2), 1199.
- Surianti, S., & Arham, A. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 6(1), 57–64.