

62/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL *FLY ASH* UNTUK SEMEN
HIDRAULIS DAN PENAMBAHAN *HYPERPLASTICIZER* 1%
PADA BETON MUTU TINGGI**



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

Disusun Oleh:

Aditya Nila Sari
NIM 2201421081

Dosen Pembimbing:

Nunung Martina, S.T., M.Si.
NIP 196703081990032001

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

2026



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 PERSETUJUAN

Skripsi Berjudul:

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL *FLYASH* UNTUK SEMEN
HIDRAULIS DAN PENAMBAHAN *HYPERPLASTICIZER* 1% PADA
BETON MUTU TINGGI** yang disusun oleh Aditya Nila Sari (NIM 2201421081)

telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam

Sidang Skripsi Tahap 2

Pembimbing

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

NIP 196703081990032001



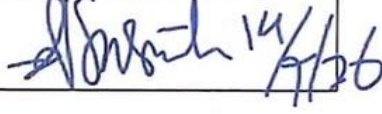
Hak Cipta :

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

Skripsi berjudul:

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL FLY ASH UNTUK SEMEN
HIDRAULIS DAN PENAMBAHAN HYPERPLASTICIZER 1% PADA
BETON MUTU TINGGI** yang disusun oleh **Aditya Nila Sari (2201421081)** telah
dipertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap 2** di depan Tim Penguji pada
Hari Selasa tanggal 30 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Sukarman, S.Pd., M.Eng. NIP 199306052020121013	 13/06/26
Anggota	Anni Susilowati, S.T., M.Eng. NIP 196506131990032002	
Anggota	Eka Sasmita Mulya, S.T., M.Si. NIP 196610021990031001	 14/6/26

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



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



© 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 PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Aditya Nila Sari
NIM : 2201421081
Program Studi : Teknik Konstruksi Gedung
Alamat Email : aditya.nila.sari.ts22@mhs.wpnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Substitusi Parsial *Fly Ash* untuk Semen Hidraulis dan Penambahan *Hyperplasticizer* 1% pada Beton Mutu Tinggi

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar benar belum pernah dilakukan dalam segala bentuk kegiatan akademis.

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Jakarta, 20 Juni 2026

Aditya Nila Sari



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Pengaruh Substitusi Parsial *Fly Ash* untuk Semen Hidraulis dan Penambahan *Hyperplasticizer* 1% pada Beton Mutu Tinggi” ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan Program Diploma IV Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak arahan, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih yang tulus, penulis ingin menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis, yang senantiasa menjadi sumber doa, kasih sayang, dan kekuatan terbesar dalam setiap langkah yang penulis lalui.
3. Ibu Istiatun, S.T., M.T., selaku Kepala Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan izin dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan arahan dan dukungan akademik kepada penulis.
5. Ibu Nunung Martina, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Senditia Dilang Ramadhan, selaku Pihak Industri PT Devian Chemical Construction yang telah memfasilitasi material dan bersedia untuk membimbing penulis.
7. Rekan-rekan sepenelitian atas kerja sama, kebersamaan, serta semangat yang saling menguatkan dalam setiap tahapan penelitian, mulai dari persiapan hingga penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini



© 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

dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Sipil. Atas perhatian dan dukungan dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terima kasih.

Jakarta, 05 Maret 2026

Aditya Nila Sari





DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Kebaharuan Penelitian (Novelty)	7
2.3 Beton	8
2.3.1 Sifat Fisis Beton	8
2.3.2 Sifat Mekanis Beton	9
2.4 Beton Mutu Tinggi	13
2.5 Bahan Penyusun Beton Mutu Tinggi	13
2.5.1 Semen Hidraulis	14
2.5.2 Agregat Kasar	15
2.5.3 Agregat Halus	15
2.5.4 Air	16
2.5.5 Fly Ash	16
2.5.6 Hyperplasticizer (DEVCON P900)	17
2.6 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	18
2.7 Slump Flow	18

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

2.8	Perawatan Beton.....	19
2.9	Umur Beton.....	19
2.10	Hipotesis.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.2	Bagan Alir Penelitian	22
3.3	Tahapan Penelitian	23
3.4	Alat Penelitian.....	25
3.4.1	Alat Pengujian Material	25
3.4.2	Alat Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	26
3.5	Bahan Penelitian.....	30
3.6	Rancangan Penelitian	31
3.7	Teknik Pengumpulan Data	32
3.7.1	Data Primer.....	32
3.7.2	Data Sekunder	46
3.8	Metode Analisis Data	46
3.9	Luaran	46
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Data Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	47
4.1.1	Data Agregat Kasar.....	47
4.1.2	Data Agregat Halus.....	52
4.1.3	Rekapitulasi Pengujian Bahan	56
4.2	Perencanaan Campuran Beton	57
4.2.1	Campuran 1 m ³ Beton Mutu Tinggi.....	57
4.2.2	Langkah Perhitungan.....	58
4.3	Pengujian Beton Segar	66
4.3.1	Pengujian Slump.....	66
4.3.2	Pengujian Berat Isi	71
4.4	Pengujian Beton Keras	74
4.4.1	Kuat Tekan.....	74
4.4.2	Tarik Belah	86
4.4.3	Kuat Lentur.....	90
4.4.4	Modulus Elastisitas.....	95
BAB V PENUTUP.....		114
5.1	Kesimpulan	114



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

5.2	Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....		116
LAMPIRAN.....		119



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 Penelitian Terdahulu.....	4
Tabel 2. 2 Spesifikasi Semen Hidraulis Merek Semen Tiga Roda.....	14
Tabel 2. 3 Syarat Agregat Kasar (British Standard).....	15
Tabel 2. 4 Batas Gradasi Agregat Halus (British Standard).....	16
Tabel 3. 1 Peralatan Pengujian Material	25
Tabel 3. 2 Peralatan Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	27
Tabel 3. 3 Rancangan Penelitian	31
Tabel 4. 1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	47
Tabel 4. 2 Berat Isi dan Rongga Agregat Kasar	49
Tabel 4. 3 Analisis Ayak Agregat Kasar	49
Tabel 4. 4 Kadar Air Agregat Kasar	51
Tabel 4. 5 Kadar Lumpur Agregat Kasar	51
Tabel 4. 6 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	52
Tabel 4. 7 Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Halus	54
Tabel 4. 8 Analisis Ayak Agregat Halus	54
Tabel 4. 9 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	55
Tabel 4. 10 Kadar Lumpur Agregat Halus	56
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Pengujian Bahan.....	57
Tabel 4. 12 Pemilihan Nilai Slump Test.....	58
Tabel 4. 13 Ukuran Agregat Maksimum	58
Tabel 4. 14 Persentase Volume Agregat Kasar Optimum	59
Tabel 4. 15 Perkiraan Air Campuran dan Kandungan Udara Pada Beton Segar	60
Tabel 4. 16 Hubungan Rasio Air-Semen Kuat Tekan Beton (without HRWR)	61
Tabel 4. 17 Hubungan Rasio Air-Semen Kuat Tekan Beton (with HRWR)	62
Tabel 4. 18 Proporsi Campuran Beton Koreksi	64
Tabel 4. 19 Proporsi Campuran Beton Koreksi	65
Tabel 4. 20 Data Volume Benda Uji.....	65
Tabel 4. 21 Kebutuhan Material per Variasi.....	66
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Nilai Slump	66
Tabel 4. 23 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Uji Slump Test	68
Tabel 4. 24 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Uji Slump Test.....	68
Tabel 4. 25 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Uji Slump Flow.....	70
Tabel 4. 26 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Uji Slump Flow	70
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Nilai Berat Isi Beton.....	71
Tabel 4. 28 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Berat Isi	72
Tabel 4. 29 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Berat Isi	73
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Umur 7 Hari	74
Tabel 4. 31 Persentase Perubahan Kuat Tekan Umur 7 Hari	76
Tabel 4. 32 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Tekan 7 Hari	76
Tabel 4. 33 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Tekan 7 Hari	77
Tabel 4. 34 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Umur 14 Hari	78
Tabel 4. 35 Persentase Perubahan Kuat Tekan Umur 14 Hari	80
Tabel 4. 36 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Tekan 14 Hari	80

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 mengemukakan 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 37 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Tekan 14 Hari	81
Tabel 4. 38 Persentase Perubahan Kuat Tekan Umur 28 Hari	84
Tabel 4. 39 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Tekan 28 Hari	84
Tabel 4. 40 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Tekan 28 Hari	85
Tabel 4. 41 Rekapitulasi Nilai Tarik Belah Umur 28 Hari	86
Tabel 4. 42 Persentase Perubahan Tarik Belah Umur 28 Hari	88
Tabel 4. 43 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Tarik Belah 28 Hari	88
Tabel 4. 44 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Tarik Belah 28 Hari	89
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Nilai Kuat Lentur Umur 28 Hari	91
Tabel 4. 46 Persentase Perubahan Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari	92
Tabel 4. 47 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Lentur 28 Hari	93
Tabel 4. 48 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Lentur 28 Hari	94
Tabel 4. 49 Data Modulus Elastisitas Kontrol	96
Tabel 4. 50 Analisis Data Modulus Elastisitas Kontrol	97
Tabel 4. 51 Data Modulus Elastisitas HC 95% + FA 5%	97
Tabel 4. 52 Analisis Data Modulus Elastisitas HC 95% + FA 5%	98
Tabel 4. 53 Data Modulus Elastisitas HC 90% + FA 10%	99
Tabel 4. 54 Analisis Data Modulus Elastisitas HC 90% + FA 10%	100
Tabel 4. 55 Data Modulus Elastisitas HC 85% + FA 15%	101
Tabel 4. 56 Analisis Data Modulus Elastisitas HC 85% + FA 15%	102
Tabel 4. 57 Data Modulus Elastisitas HC 95% + FA 5% + HP 1%	103
Tabel 4. 58 Analisis Data Modulus Elastisitas HC 95% + FA 5% + HP 1%	104
Tabel 4. 59 Data Modulus Elastisitas HC 90% + FA 10% + HP 1%	105
Tabel 4. 60 Analisis Data Modulus Elastisitas HC 90% + FA 10% + HP 1%	106
Tabel 4. 61 Data Modulus Elastisitas HC 85% + FA 15% + HP 1%	107
Tabel 4. 62 Analisis Data Modulus Elastisitas HC 85% + FA 15% + HP 1%	108
Tabel 4. 63 Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas 28 Hari	109
Tabel 4. 64 Persentase Perubahan Modulus Elastisitas Umur 28 Hari	110
Tabel 4. 65 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Modulus Elastisitas 28 Hari	111
Tabel 4. 66 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Modulus Elastisitas 28 Hari ..	112



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan.....	10
Gambar 2. 2 Ilustrasi Pengujian Tarik Belah	11
Gambar 2. 3 Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur.....	12
Gambar 2. 4 Ilustrasi Pengujian Modulus Elastisitas.....	13
Gambar 2. 5 Spesifikasi Devcon P900.....	17
Gambar 2. 6 Sketsa Peralatan Uji Slump Flow.....	19
Gambar 3. 1 Lokasi Pembuatan Benda Uji.....	21
Gambar 3. 2 Lokasi Pengujian Benda Uji.....	21
Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian	22
Gambar 4. 1 Gradasi Pengujian Agregat Kasar	50
Gambar 4. 2 Gradasi Pengujian Agregat Halus	55
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Slump	67
Gambar 4. 4 Perbandingan Nilai Slump	67
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Slump Flow	69
Gambar 4. 6 Perbandingan Nilai Slump Flow	69
Gambar 4. 7 Perbandingan Nilai Berat Isi Beton.....	71
Gambar 4. 8 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	75
Gambar 4. 9 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	79
Gambar 4. 10 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	83
Gambar 4. 11 Perbandingan Nilai Tarik Belah	87
Gambar 4. 12 Perbandingan Nilai Kuat Lentur	91
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 0% Fly Ash.....	96
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi HC 95% + FA 5%	98
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi HC 90% + FA 10%	100
Gambar 4. 16 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi HC 85% + FA 15%	102
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi HC 95% + FA 5% + HP 1%.....	104
Gambar 4. 18 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi HC 90% + FA 10% + HP 1%.....	106
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi HC 85% + FA 15% + HP 1%.....	108
Gambar 4. 20 Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas Beton 28 Hari.....	109

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	120
Lampiran 2 Lembar Asistensi Pembimbing	124
Lampiran 3 Persetujuan Pembimbing	125
Lampiran 4 Asistensi Penguji 1	126
Lampiran 5 Persetujuan Penguji 1	127
Lampiran 6 Asistensi Penguji 2	128
Lampiran 7 Persetujuan Penguji 2	129
Lampiran 8 Asistensi Penguji 3	130
Lampiran 9 Persetujuan Penguji 3	131



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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia dalam hal penyediaan dan penggunaan beton menjadi suatu kebutuhan yang sangat mendasar. Beton adalah bahan konstruksi yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air. Itu mudah dikerjakan di lapangan, memiliki kekuatan tekan yang besar, dan tahan terhadap cuaca. Beton yang dibutuhkan akan menjadi lebih banyak dan siap pakai dalam waktu yang relatif singkat. Salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas beton adalah dengan menggunakan bahan campuran (Yusuf, 2022).

Di sisi lain, industri konstruksi menghadapi tantangan besar akibat dampak lingkungan, terutama karena penggunaan semen hidraulis. Produksi semen memerlukan energi yang sangat besar dan mengeluarkan banyak karbon dioksida (CO₂) sehingga berdampak besar terhadap pemanasan global (Kemala et al., 2023). Produksi semen dianggap menyumbang sekitar 5-7% dari total emisi gas CO₂ di dunia sehingga perlu dicari cara mengurangi penggunaan semen tanpa mengurangi kualitas atau kemampuan beton (Safira, 2022).

Salah satu cara yang bisa dilakukan adalah mengganti sebagian semen hidraulis dengan *fly ash*, yaitu limbah yang dihasilkan dari pembakaran batubara di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) (Samuel, 2022). Sifat pozzolan *fly ash* dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan dari proses hidrasi semen, meningkatkan kepadatan struktur mikro beton dan mengurangi porositasnya (Putri Rahayu et al., 2025). Untuk membuat beton yang lebih ramah lingkungan, *fly ash* tidak hanya mengurangi pemakaian semen tetapi juga mengurangi sampah industri. Namun, pada beberapa titik, terutama pada campuran dengan faktor air-semen rendah, kuat tekan awal beton dapat menurun (Bahar et al., 2024).

Salah satu upaya untuk mengatasi penurunan kuat tekan awal beton adalah penggunaan bahan tambah kimia berupa *hyperplasticizer*. *Hyperplasticizer* adalah jenis bahan tambahan terbaru yang bisa meningkatkan kualitas campuran beton secara besar tanpa perlu menambahkan air sehingga memungkinkan penggunaan perbandingan air dan semen yang lebih rendah (Novitasari, 2024). Dengan demikian,



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

hyperplasticizer diharapkan bisa mengatasi dampak negatif penggunaan *fly ash* dan tetap menghasilkan beton berkualitas tinggi dengan performa yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang penelitian dapat dilihat sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi *fly ash* (5%, 10%, dan 15%) terhadap sifat mekanis beton mutu tinggi.
2. Bagaimana pengaruh variasi *fly ash* (5%, 10%, dan 15%) terhadap sifat mekanis beton mutu tinggi dengan penambahan *hyperplasticizer* 1%.
3. Berapa komposisi optimum substitusi *fly ash* (5%, 10%, dan 15%) dan penambahan *hyperplasticizer* 1% yang menghasilkan kinerja beton mutu tinggi terbaik.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, ada beberapa hal yang akan dibatasi untuk mencapai tujuan dan manfaat yang diinginkan, yaitu:

1. Semen yang digunakan berupa semen hidraulis.
2. FAS dengan admixture 0,34 dan FAS tanpa admixture 0,28
3. Pengujian semen tidak dilakukan karena data diambil dari SNI 2531:2015.
4. Umur beton yang dilakukan pengujian adalah 7, 14, dan 28 hari.
5. Benda uji silinder berukuran $\varnothing 15 \text{ cm} \times$ tinggi 30 cm.
6. Benda uji balok berukuran $15 \times 15 \times 60 \text{ cm}$.
7. Zat aditif yang digunakan pada campuran beton adalah *hyperplasticizer* dengan merek Devcon P900 dari PT Devian Chemical Construction.
8. Dosis *hyperplasticizer* yang digunakan 1%.
9. Variasi *fly ash* 5%, 10%, dan 15%.
10. Perhitungan *mix design* menggunakan peraturan berdasarkan ACI 211.4R (*High-Strength Concrete*).
11. Nilai slump test yang direncanakan sebesar 75–100 mm.
12. Nilai slump flow yang direncanakan sebesar 660–750 mm.
13. Jumlah sampel yang digunakan pada pengujian adalah 105 benda uji.



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini berdasarkan rumusan masalah tersebut sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi *fly ash* (5%, 10%, dan 15%) terhadap sifat mekanis beton mutu tinggi.
2. Menganalisis pengaruh variasi *fly ash* (5%, 10%, dan 15%) terhadap sifat mekanis beton mutu tinggi dengan penambahan *hyperplasticizer* 1%.
3. Menentukan komposisi optimum substitusi *fly ash* (5%, 10%, dan 15%) dengan penambahan *hyperplasticizer* 1% yang menghasilkan kinerja beton mutu tinggi terbaik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian berdasarkan latar belakang dapat dilihat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi pengembangan teknologi beton ramah lingkungan (*green concrete*).
2. Mengoptimalkan pemanfaatan limbah industri *fly ash* sebagai bahan substitusi semen.
3. Menambah referensi ilmiah mengenai penggunaan *fly ash* dan *hyperplasticizer* pada beton mutu tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan skripsi ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan pembahasan yang tersusun secara sistematis. Adapun sistematika pembahasan dapat dijelaskan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka berisi tentang pemaparan mengenai teori-teori dasar yang relevan dan mendukung penelitian ini. Teori-teori tersebut digunakan sebagai landasan dalam menganalisis permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini.

Bab III Metodologi Penelitian menjelaskan langkah-langkah dalam penyusunan skripsi, yang disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian. Bab ini juga menguraikan metode yang digunakan untuk menganalisis serta penyusunan data sehingga dapat diperoleh kesimpulan yang sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi substitusi *fly ash* sebesar 5%, 10%, dan 15% memengaruhi karakteristik beton mutu tinggi. Semakin besar kadar *fly ash*, nilai slump, slump *flow*, dan berat isi beton cenderung menurun, meskipun seluruh nilai masih memenuhi persyaratan standar. Pada pengujian sifat mekanis, substitusi *fly ash* dapat meningkatkan modulus elastisitas, kuat tekan, tarik belah, dan lentur dibandingkan beton kontrol pada tingkat tertentu. Analisis regresi juga menunjukkan bahwa *fly ash* memiliki kecenderungan meningkatkan sifat mekanis beton, meskipun tidak seluruh parameter menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik.
2. Penambahan *hyperplasticizer* sebesar 1% mampu meningkatkan *workability* dan sifat mekanis beton pada setiap variasi *fly ash*. Penggunaan *hyperplasticizer* menghasilkan nilai modulus elastisitas, kuat tekan, tarik belah, dan lentur yang lebih tinggi dibandingkan campuran tanpa *hyperplasticizer*. Berdasarkan hasil analisis regresi, *hyperplasticizer* memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton, sedangkan terhadap kuat lentur pengaruhnya belum signifikan secara statistik.
3. Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, komposisi HC 85% + FA 15% + HP 1% menunjukkan karakteristik beton mutu tinggi terbaik. Variasi tersebut menghasilkan modulus elastisitas sebesar 26146,73 MPa, kuat tekan umur 28 hari sebesar 67,66 MPa, tarik belah sebesar 6,55 MPa, kuat lentur sebesar 8,02 MPa, serta menunjukkan peningkatan sifat mekanis yang paling baik dibandingkan variasi lainnya sehingga dapat direkomendasikan sebagai komposisi optimum dalam penelitian ini.

Hasil penelitian menghasilkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penggunaan *fly ash* hingga 15% dengan penambahan *hyperplasticizer* 1% direkomendasikan untuk proyek konstruksi yang membutuhkan beton mutu tinggi ramah lingkungan, karena kombinasi ini memberikan kekuatan optimal sekaligus mengurangi penggunaan semen sehingga lebih efisien dan mendukung keberlanjutan lingkungan.
2. Untuk proyek dengan kebutuhan kuat lentur tinggi (seperti balok atau pelat), penggunaan *fly ash* hingga 15% dengan *hyperplasticizer* dapat dipertimbangkan, karena menunjukkan peningkatan performa lentur.
3. Untuk mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) dari produksi semen, instansi pemerintah atau industri konstruksi dapat mendorong penggunaan *fly ash* sebagai pengganti semen. Ini juga akan memanfaatkan limbah industri dengan lebih baik.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- SNI 1969:2008. *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.
- SNI 1970:2008. *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- SNI 1972:2022. *Metode uji slump beton semen hidraulis. Badan Standardisasi Nasional Republik Indonesia*.
- SNI 1973:2008. *Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton*.
- ACI 211.4R. *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials*.
- SNI 2460:2014. *Spesifikasi abu terbang batubara dan pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton*.
- SNI 7974:2018. *Spesifikasi air pencampur untuk produksi beton semen hidraulis*.
- SNI 8912:2020. *Spesifikasi unjuk kerja semen hidraulis*. 8.
- Ahmad, M. A. (2024). *Pengaruh Pengekangan Pada Beton Menggunakan Variasi Panjang Hhf Terhadap Lekatan Beton Bertulang= Effect of Restraint in ...*. [https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/38212/%0Ahttps://repository.unhas.ac.id/id/eprint/38212/2/D011201014_skripsi_09-09-2024_1-2\(FILEminimizer\).pdf](https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/38212/%0Ahttps://repository.unhas.ac.id/id/eprint/38212/2/D011201014_skripsi_09-09-2024_1-2(FILEminimizer).pdf)
- Apriandi, H., & Sriwahyuni, W. (2022). *Pengujian Beton Normal Menggunakan Agregat Halus Dan Kasar Desa Tanjung Beringin Kecamatan Curup Utara Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Raflesia 2 Dosen Teknik Sipil Politeknik Raflesia*. 8(2), 21–26.
- Ardiano Prakayuda, W., Halim, A., & Aditya, C. (2022). *Pengaruh Penambahan Damdex Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton*. *BOUWPLANK Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(2), 40–47. <https://doi.org/10.31328/bouwplank.v1i2.222>
- Bahar, F. F., Wiranto, S., Jambi, U., & Jambi, U. (2024). *Inovasi Material dalam Beton Berkelanjutan: Studi Literatur tentang Pemanfaatan Fly Ash dengan Peningkatan Kekuatan Beton*. 6.
- Beban, A., Monotonik, S., & Statis, D. A. N. (2017). *852-Research Results-3180-1-10-20210526*. 17, 1020–1026.
- Bere Maria Deolinda, Bertinus Simanihuruk, H. D. (2021). *PEMAKAIAN PASIR ABU BATU SEBAGAI AGREGAT HALUS Latar Belakang Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadi tuntutan zaman yang harus terus diperbaharui dari waktu ke waktu. Begitupun dalam dunia konstruksi selalu ada inovasi-inovasi baru* *Jurnal Ka*. 6(02), 1–10.
- Farhandasi, R., Maulidin, A., Khairunnisa, H., & Rahmadhani, Y. (2026). *Optimalisasi Ukuran Maksimum Agregat terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Tambahan Superplasticizer*. 26(1), 85–90.
- Gerung, L. M. N. (2012). *UJI TARIK BETON MUTU TINGGI*. 2(4).
- Hariyadi, N. M. dan. (2025). *PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON KUBUS*

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

TERHADAP VARIASI KUAT TEKAN BETON DENGAN METODE BRITISH STANDARD PART 117. 19(1978), 5297–5306.

- Hendrik, M. G. (2023). Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Limbah Plastik Hdpe Dalam Campuran Beton. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 3, 67–78. <http://jurnal.stokbinaguna.ac.id/index.php/JURDIP/article/view/2083>
- Kemala, D. R., Vanisha, A., Kusuma, P., & Surono, A. (2023). *Efisiensi Penambahan Bahan Bakar Wood Pellet di Rotary Kiln pada Pabrik Semen*. 12(3).
- Mulyati, M., & Arkis, Z. (2020). Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(2), 78–84. <https://doi.org/10.21063/jts.2020.v702.05>
- Nirsa Bangsa, Amiruddin. Muhammad, Thamrin Husain, Indra Altarans, I. A., & Faruk, F. (2024). *ANALISIS KARAKTERISTIK DAN POTENSI LIMBAH PADAT BOTTOM ASH SEBAGAI BAHAN CAMPUR PEMBUATAN PAVING BLOCK*. 17(2).
- Novitasari, A. (2024). *PENGARUH PENAMBAHAN MACRO FIBER PP54+ DAN HYPER PLASTICIZER TERHADAP KARAKTERISTIK BETON FC' 25 DENGAN PEREKAT HIDROLIS PCC*.
- Paul. (2021). *KORELASI METODE PENGADUKAN TERHADAP NILAI SLUMP DAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PROPORSI CAMPURAN YANGSAMA*. 6.
- PUPR, S. M. (2019). *Penggunaan abu terbang dalam campuran beton sedikit semen portland*. September.
- Putri Rahayu, Mariyamah, Novadri Anase, S. (2025). *PENGARUH FLY ASH TERHADAP KADAR SO₃ DAN WAKTU IKAT SEMEN*. 4(1), 48–56.
- Rahim, N. I., Mohammed, B. S., & Al-fakih, A. (2021). *Physical Properties of Rubberized Self-Consolidating Concrete (R-SCC) Incorporating Nano-Silica*.
- Rayhan, M. F. (2023). *Studi Eksperimental Hubungan Tegangan Regangan Beton Yang Terbuat Dari Limbah Batu Bata Tahan Api Jenis Alumina Dan Semen Portland Komposit*
https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/32098/%0Ahttps://repository.unhas.ac.id/id/eprint/32098/2/D011191112_skripsi_04-05-2023_bab_1-3.pdf
- Rinjani, U. G. (2025). *Identifikasi Karakteristik Fisik Agregat Halus dan Korelasinya pada Sifat Beton Segar*. 1(1), 11–19.
- Rumalesin, F. Y., & Tahya, H. (2024). *ANALISIS KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN SERAT FIBERGLASS SEBAGAI MATERIAL TAMBAHAN PENYUSUN CAMPURAN BETON*. 8(6), 673–689.
- Safira, A. (2022). *PENGARUH LIMBAH ABU SEKAM PADI DAN KAPUR SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON (THE EFFECT OF RICE HUSK ASH WASTE AND LIME AS A PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT TO CONCRETE CHARACTERISTIC)*.
- Samuel, W. B. (2022). *PERILAKU MEKANIK DAN KECEPATAN GELOMBANG ULTRASONIK PADA PAVING BLOK BERBAHAN HASIL SAMPINGAN*



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP.

- Setiawati, M. (2018). *Fly ash sebagai bahan pengganti semen pada beton*. 1–8.
- SNI 03-2491, S. (2002). *Metode pengujian kuat tarik belah beton*.
- SNI 2493, S. (2011). *Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*.
- SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Sni 2847-2019*, 8, 720.
- SNI 4431, S. (2011). *Gara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan*.
- Thiyafi, A. J. (2023). *PENGARUH BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI DAN SIKAFUME TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN KUAT LENTUR BETON SCC*.
- Tommy, A. S., Putra Jaya, R., & Zainudin, A. (2025). *Pemanfaatan Bahan Daur Ulang dalam Pembuatan Beton Ramah Lingkungan. Diterima Februari, 1(1)*, 2025.
- Trenggono, C. A. B. (2018). *Analisis Pengaruh Kuat Tekan dan Porositas Beton dengan Penggunaan High Volume Fly Ash dan Penambahan Admixture (Hyperplasticizer) pada Self Compacting Concrete*.
- Wijaya, R. A., Wijayanti, S., Astuti, Y., Kimia, D., Sains, F., & Diponegoro, U. (2021). *Fly Ash Limbah Pembakaran Batubara sebagai Zat Mineral Tambahan (Additive) untuk Perbaikan Kualitas dan Kuat Tekan Semen*. 27(1), 127–134.
- Ximenes, A. M. D. S., Halim, A., & Suraji, A. (2021). *Pengaruh Komposisi Campuran Beton dan Jenis Semen terhadap Kelelahan (Concrete Workability). The 4th Conference on Innovation and Application of Science and Technology, Ciastech*, 529–538.
- Yusuf, R. B. (2022). *KAJIAN EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON POLIMER TERHADAP VARIAN KOMPOSISI RESIN EPOXY DAN HARDENER DENGAN KONSENTRAT KADAR SLAG 9 %. 2504*, 1–9.