

66/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL *FLY ASH* UNTUK
PORTLAND COMPOSITE CEMENT (PCC) DENGAN
PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER 0,8% PADA BETON
MUTU TINGGI**



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

Disusun Oleh :

Adelia Tertia Hani

NIM 2201421049

Pembimbing :

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

NIP. 196703081990032001

Pembimbing Industri :

Senditia Dilang Ramadhan, A.Md., S.T.

PT Devian Jaya Sentosa

**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

Tugas Akhir Berjudul :

PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL *FLYASH* UNTUK *PORTLAND COMPOSITE CEMENT* (PCC) DENGAN PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* 0,8% PADA BETON MUTU TINGGI yang disusun oleh
Adelia Tertia Hani (2201421049) telah disetujui dosen pembimbing untuk
dipertahankan dalam Sidang Skripsi Tahap II

Pembimbing 1

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

Pembimbing 2

Senditia Dilang Ramadhan, A.Md., S.T.
PT Devian Jaya Sentosa



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 *FLYASH* UNTUK *PORTLAND COMPOSITE CEMENT* (PCC) DENGAN PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* 0,8% PADA BETON MUTU TINGGI yang disusun oleh Adelia Tertia Hani (2201421049) telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi II di depan Tim Penguji pada hari Selasa tanggal 30 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Anni Susilowati, S.T., M.Eng. NIP 196506131990032002	
Anggota	Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D NIP 198012042020121001	
Anggota	Sukarman, S.Pd., M.Eng. NIP 199306052020121013	13/06/26

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta

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



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Adelia Tertia Hani
NIM : 2201421049
Prgram Studi : D4 – Teknik Konstruksi Gedung
Alamat Email : adelia.tertia.hani.ts22@mhs.wpnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Substitusi Parsial *Fly Ash* untuk *Portland Composite Cement* (PCC) dengan Penambahan *Superplasticizer* 0,8% pada Beton Mutu Tinggi

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2026/2027 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, 10 Juni 2026

Yang menyatakan,

Adelia Tertia Hani

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul "Pengaruh Substitusi Parsial *Fly Ash* untuk *Portland Composite Cement* (PCC) dengan Penambahan *Superplasticizer* 0,8% pada Beton Mutu Tinggi". Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan rasa terima kasih yang mendalam, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Orang tua penulis atas segala pengorbanan, kerja keras, doa dan masukkan serta dukungan tanpa henti yang selalu membantu langkah penulis hingga skripsi ini dapat di selesaikan dengan baik dan tepat waktu.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Mas Senditia Dilang R., A.Md., S.T. selaku dosen industri yang telah menyediakan material penelitian serta memberikan arahan yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Mas Kusno Wijayanto selaku tenaga kependidikan PLP Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil PNJ atas bantuan teknis dan pendampingan selama proses pengujian berlangsung.



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

8. Rekan-rekan kelompok penelitian, Hussein, Nila, Raka, Zahran, Anderson, Daffa, Naufal, Rafly, Bayu, Rayhan, dan Sultan atas kebersamaan, dukungan, serta diskusi yang membangun selama penelitian dilaksanakan.
9. Teman-teman Teknik Konstruksi Gedung yang turut membantu dalam pelaksanaan penelitian.
10. Semua pihak yang telah membantu hingga tersusunnya naskah skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi yang bermanfaat dalam bidang teknik sipil.

Depok, 12 Maret 2026

Adelia Tertia Hani

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



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	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.2 Beton Mutu Tinggi	6
2.3 Bahan Penyusun Beton	6
2.3.1 Agregat Kasar	7
2.3.2 Agregat Halus	7
2.3.3 Portland Composite Cement (PCC)	9
2.3.4 Air	10
2.3.5 Fly Ash	11
2.3.6 Superplasticizer	12
2.4 Perencanaan Mix Design Beton	13
2.5 Karakteristik Beton	13
2.5.1 Sifat Fisis Beton	14
2.5.1.1 Berat Isi Beton (<i>Density</i>)	14
2.5.1.2 Uji Slump (<i>Slump Test</i>)	14

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

2.5.1.3 Uji <i>Slump Flow</i> (<i>Slump Flow Test</i>)	15
2.5.2 Sifat Mekanis Beton.....	16
2.5.2.1 Kuat Tekan Beton.....	16
2.5.2.2 Kuat Tarik Belah Beton.....	16
2.5.2.3 Kuat Tarik Lentur Beton	17
2.5.2.4 Modulus Elastisitas (<i>Modulus of Elasticity</i>)	19
2.6 <i>State Of The Art</i> (Penelitian Terdahulu)	20
2.7 Keterbaruan Penelitian (<i>Novelty</i>)	22
2.8 Hipotesis.....	23
BAB III METODOLOGI	24
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.2 Alat Penelitian	25
3.2.1 Peralatan K3.....	25
3.2.2 Alat Pengujian Benda Uji	25
3.2.3 Alat Pembuatan dan Pengujian Benda Uji.....	26
3.3 Bahan Penelitian.....	28
3.4 Rancangan Penelitian	30
3.5 Variabel Penelitian.....	31
3.6 Pengumpulan Data	31
3.7 Tahapan Penelitian.....	32
3.7.1 Persiapan Penelitian.....	33
3.7.2 Pengujian Agregat Kasar dan Halus	33
3.7.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	34
3.7.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	35
3.7.2.3 Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Pasir	36
3.7.2.4 Pengujian Analisa Ayak Agregat	37
3.7.2.5 Pengujian Kadar Lumpur Agregat	38
3.7.2.6 Pengujian Kadar Air Agregat	39
3.7.3 Perancangan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	40
3.7.4 Pengujian Beton Segar.....	40
3.7.4.1 Pengujian <i>Slump</i> (<i>Slump Test</i>).....	40
3.7.4.2 Pengujian <i>Slump Flow</i> (<i>Slump Test</i>).....	41
3.7.4.3 Pengujian Berat Isi	42
3.7.5 Pembuatan Benda Uji	42



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

3.7.6 Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	43
3.7.7 Prosedur Pengujian Beton Keras	44
3.7.7.1 Pengujian Kuat Tekan	44
3.7.7.2 Pengujian Kuat Tarik Belah	45
3.7.7.3 Pengujian Kuat Tarik Lentur	46
3.7.7.4 Pengujian Modulus Elastisitas	47
3.8 Metode Analisis	49
3.8.1 Uji Regresi Linier	49
3.9 Luaran.....	50
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1 Data Pengujian Bahan Penyusun Beton	51
4.1.1 Semen.....	51
4.1.2 Agregat Kasar	51
4.1.3 Agregat Halus	56
4.1.4 Rekapitulasi Pengujian Bahan	61
4.2 Data Rancangan Campuran (<i>Mix Design</i>).....	61
4.2.1 Rancangan Campuran 1 m ³ Beton Mutu Tinggi.....	61
4.2.2 Langkah-Langkah Perhitungan.....	62
4.3 Pengujian Beton Segar	70
4.3.1 Pengujian <i>Slump</i>	70
4.3.2 Berat Isi Beton Segar	75
4.4 Pengujian Beton Keras	78
4.4.1 Pengujian Kuat Tekan.....	78
4.4.2 Pengujian Kuat Tarik Belah	88
4.4.3 Pengujian Kuat Tarik Lentur.....	92
4.4.4 Pengujian Modulus Elastisitas	96
BAB V PENUTUP	113
5.1 Kesimpulan.....	113
5.2 Saran	114
DAFTAR PUSTAKA.....	115
LAMPIRAN.....	119



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batas Lolos Gradasi Agregat Kasar (ASTM C33)	7
Tabel 2. 2 Batas Lolos Gradasi Agregat Halus SNI 03-2834, 2000 & ASTM C-33....	8
Tabel 2. 3 Spesifikasi Portland Composite Cement (PCC) Merk Semen Merdeka ..	10
Tabel 2. 4 Komposisi Senyawa Kimia dan Sifat Fisik Fly ash	11
Tabel 2. 5 Data Teknis Superplasticizer Devcon 1170	12
Tabel 2. 6 State Of The Art (Penelitian Terdahulu)	20
Tabel 3. 1 Peralatan Pengujian Material	25
Tabel 3. 2 Peralatan Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	26
Tabel 3. 3 Rancangan Penelitian	30
Tabel 4. 1 Hasil Timbangan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	51
Tabel 4. 2 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	51
Tabel 4. 3 Hasil Penimbangan Uji Berat Isi dan Rongga Udara	52
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Uji Berat Isi dan Rongga Udara	52
Tabel 4. 5 Analisa Ayak Agregat Kasar	53
Tabel 4. 6 Hasil Penimbangan Uji Kadar Lumpur Agregat Kasar	54
Tabel 4. 7 Perhitungan Uji Kadar Lumpur Agregat Kasar	55
Tabel 4. 8 Hasil Penimbangan Uji Kadar Air Agregat Kasar	55
Tabel 4. 9 Perhitungan Uji Kadar Air Agregat Kasar	55
Tabel 4. 10 Hasil Timbangan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	56
Tabel 4. 11 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	56
Tabel 4. 12 Perhitungan Berat Isi dan Rongga Agregat Halus	57
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Uji Berat Isi dan Rongga Udara	57
Tabel 4. 14 Analisa Ayak Agregat Halus	58
Tabel 4. 15 Hasil Penimbangan Uji Kadar Lumpur Agregat Halus	59
Tabel 4. 16 Perhitungan Uji Kadar Lumpur Agregat Halus	59
Tabel 4. 17 Hasil Penimbangan Uji Kadar Air Agregat Halus	60
Tabel 4. 18 Perhitungan Uji Kadar Air Agregat Halus	60
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Pengujian Bahan	61
Tabel 4. 20 Pemilihan Nilai Slump Test	62
Tabel 4. 21 Ukuran Agregat Kasar Maksimum	62
Tabel 4. 22 Perkiraan Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton	62

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

Tabel 4. 23 Data Perkiraan Air Campuran dan Kandungan Udara Pada Beton Segar	64
Tabel 4. 24 Hubungan Antara Rasio Air-Semen (W/C) Dan Kekuatan Beton	65
Tabel 4. 25 Proporsi Campuran Beton Koreksi per m ³ (with Admixture)	68
Tabel 4. 26 Proporsi Campuran Beton Koreksi per m ³ (without Admixture)	68
Tabel 4. 27 Data Volume Benda Uji	69
Tabel 4. 28 Data Total Kebutuhan Bahan	69
Tabel 4. 29 Data Hasil Pengujian Slump dan Slump Flow	70
Tabel 4. 30 Data Hasil Pengujian Berat Isi Beton	75
Tabel 4. 31 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	78
Tabel 4. 32 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	82
Tabel 4. 33 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	85
Tabel 4. 34 Hasil Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari	88
Tabel 4. 35 Hasil Kuat Tarik Lentur Beton Umur 28 Hari	92
Tabel 4. 36 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 100%	96
Tabel 4. 37 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 100%	96
Tabel 4. 38 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 95% + FA 5%	97
Tabel 4. 39 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 95% + FA 5%	97
Tabel 4. 40 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 90% + FA 10%	99
Tabel 4. 41 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 90% + FA 10%	100
Tabel 4. 42 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 85% + FA 15%	101
Tabel 4. 43 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 85% + FA 15%	101
Tabel 4. 44 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 95% + FA 5% + SP 0,8%	103
Tabel 4. 45 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 95% + FA 5% + SP 0,8%	104
Tabel 4. 46 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 90% + FA 10% + SP 0,8%	105
Tabel 4. 47 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 90% + FA 10% + SP 0,8%	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

Tabel 4. 48 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 85% + FA 15% + SP 0,8%	107
Tabel 4. 49 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi PCC 85% + FA 15% + SP 0,8%	108





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Pengujian Slump Beton	15
Gambar 2. 2 Ilustrasi Pengujian Slump Flow Beton.....	15
Gambar 2. 3 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan Beton	16
Gambar 2. 4 Ilustrasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	17
Gambar 2. 5 Ilustrasi Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton.....	18
Gambar 2. 6 Ilustrasi Pengujian Modulus Elastisitas Beton	19
Gambar 3. 1 PT Devian Chemical Construction.....	24
Gambar 3. 2 Laboratorium Teknik Sipil PNJ.....	24
Gambar 3. 3 Agregat Halus.....	28
Gambar 3. 4 Agregat Kasar.....	28
Gambar 3. 5 Portland Composite Cement (PCC)	29
Gambar 3. 6 Fly Ash	29
Gambar 3. 7 Superplasticizer	29
Gambar 3. 8 Variabel Penelitian.....	31
Gambar 3. 9 Bagan Alir Penelitian	32
Gambar 4. 1 Gradasi Pengujian Agregat Kasar	54
Gambar 4. 2 Gradasi Pengujian Agregat Halus	59
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Slump	70
Gambar 4. 4 Perbandingan Nilai Slump	71
Gambar 4. 5 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Uji Slump.....	72
Gambar 4. 6 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Uji Slump	72
Gambar 4. 7 Grafik Nilai Slump Flow.....	73
Gambar 4. 8 Perbandingan Nilai Slump Flow	74
Gambar 4. 9 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Uji Slump Flow.....	74
Gambar 4. 10 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Uji Slump Flow	75
Gambar 4. 11 Grafik Berat Isi Beton	76
Gambar 4. 12 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Berat Isi Beton	77
Gambar 4. 13 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Berat Isi Beton.....	78
Gambar 4. 14 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	79
Gambar 4. 15 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari ..	80
Gambar 4. 16 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	81

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. 17 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	82
Gambar 4. 18 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	83
Gambar 4. 19 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	84
Gambar 4. 20 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	86
Gambar 4. 21 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Tekan Beton Umur	87
Gambar 4. 22 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	88
Gambar 4. 23 Grafik Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari	89
Gambar 4. 24 Perbandingan Rata - Rata Nilai Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari dengan Nilai Teoritis	90
Gambar 4. 25 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari.....	91
Gambar 4. 26 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari.....	91
Gambar 4. 27 Grafik Kuat Tarik Lentur Beton Umur 28 Hari.....	93
Gambar 4. 28 Perbandingan Rata - Rata Nilai Kuat Tarik Lentur Beton Umur 28 Hari dengan Nilai Teoritis	94
Gambar 4. 29 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Kuat Tarik Lentur Beton Umur 28 Hari.....	94
Gambar 4. 30 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Kuat Tarik Lentur Beton Umur 28 Hari.....	95
Gambar 4. 31 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi PCC 100%.....	97
Gambar 4. 32 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi PCC 95% + FA 5%	99
Gambar 4. 33 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi PCC 90% + FA 10%	101
Gambar 4. 34 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi PCC 85% + FA 15%	103
Gambar 4. 35 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi PCC 95% + FA 5% + SP 0,8%.....	105
Gambar 4. 36 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi PCC 90% + FA 10% + SP 0,8%....	107
Gambar 4. 37 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi PCC 85% + FA 15% + SP 0,8%....	109
Gambar 4. 38 Grafik Modulus Elastisitas Beton Umur 28 Hari	109
Gambar 4. 39 Perbandingan Rata - Rata Nilai Modulus Elastisitas Dengan Nilai Teoritis.....	110
Gambar 4. 40 Hasil Analisis SPSS (Coefficients) Modulus Elastisitas Beton Umur 28 Hari.....	111



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. 41 Hasil Analisis SPSS (Model Summary) Modulus Elastisitas Beton Umur 28 Hari.....	112
--	-----





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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Alat dan Bahan	120
Lampiran 2 Dokumentasi Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	122
Lampiran 3 Formulir SI-1 (Pernyataan Calon Pembimbing).....	125
Lampiran 4 Formulir SI-2 (Lembar Pengesahan)	127
Lampiran 5 Formulir SI-3 (Lembar Asistensi)	128
Lampiran 6 Formulir SI-3 (Lembar Asistensi Penguji)	129
Lampiran 7 Formulir SI-4 (Persetujuan Pembimbing)	132
Lampiran 8 Formulir SI-5 (Lembar Persetujuan Penguji)	134
Lampiran 9 Formulir SI-7 (Lembar Bebas Pinjaman dan Urusan Administrasi)	137
Lampiran 10 Bukti Penyerahan Laporan Magang Industri.....	138





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

Konstruksi di Indonesia pada umumnya menggunakan beton sebagai material utama dalam pembangunan bangunan, jembatan, dan dermaga (Tiyani et al., 2023). Beton banyak digunakan karena memiliki keunggulan kuat tekan yang tinggi serta daya tahan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan (Gea et al., 2024). Kinerja beton sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran, terutama rasio air-semen yang berperan penting dalam menentukan kuat tekan dan kepadatan struktur beton. Seiring berjalannya waktu, teknologi beton terus mengalami kemajuan sehingga menghasilkan beton mutu tinggi yang dapat menjadi solusi akan kebutuhan beton yang semakin meningkat (R. H. Putra et al., 2022). Oleh karena itu, inovasi dalam merancang campuran beton menjadi hal yang penting untuk menghasilkan beton mutu tinggi yang kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan.

Dalam upaya tersebut, salah satu jenis semen yang umum digunakan di Indonesia adalah *Portland Composite Cement* (PCC). PCC merupakan semen komposit yang terdiri atas klinker, gipsum, dan bahan mineral tambahan seperti *pozzolan*, batu kapur, atau *fly ash* dalam komposisi tertentu. Penggunaan PCC pada konstruksi terus meningkat karena memiliki workability yang baik, panas hidrasi yang lebih rendah, serta mampu meningkatkan durabilitas beton pada kondisi lingkungan tertentu (W. A. Putra et al., 2020). Selain itu, penggunaan PCC juga mendukung konsep konstruksi berkelanjutan karena dapat mengurangi penggunaan klinker dalam proses produksi semen sehingga membantu menekan emisi karbon (Masrafat et al., 2024). Namun demikian, karakteristik mekanis beton berbasis PCC masih perlu dikaji lebih lanjut, khususnya pada beton mutu tinggi agar mampu memenuhi persyaratan kuat tekan dan kuat lentur pada elemen struktural (Ibrahim, 2021).

Fly ash merupakan material limbah hasil pembakaran batu bara yang memiliki sifat *pozzolanik* dan dapat digunakan sebagai bahan substitusi parsial semen dalam campuran beton. Penambahan *fly ash* dalam beton mutu tinggi terbukti dapat mengisi pori-pori beton sehingga memperbaiki struktur mikro serta meningkatkan kuat tekan pada umur tertentu (Ferdiansyah & Rochmah, 2023). Selain meningkatkan aspek teknis, penggunaan *fly ash* juga memberikan manfaat lingkungan dengan mengurangi limbah industri serta menekan penggunaan semen dalam campuran beton (Rahmawati



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

et al., 2022). Meskipun demikian, penggunaan *fly ash* dalam jumlah tertentu dapat mempengaruhi perkembangan kuat awal beton sehingga perlu dikombinasikan dengan perencanaan campuran yang optimal (Ferdiansyah & Rochmah, 2023).

Untuk mendukung pencapaian beton mutu tinggi dengan rasio air-semen rendah, diperlukan bahan tambah kimia berupa *superplasticizer* yang mampu meningkatkan *workability* tanpa menambah kadar air, sehingga kuat tekan beton tetap tinggi (Slat et al., 2021). Penggunaan *superplasticizer* terbukti dapat meningkatkan kuat tekan beton melalui mekanisme dispersi partikel semen yang lebih merata dalam campuran. Dalam beton dengan substitusi *fly ash*, *superplasticizer* juga berperan menjaga kelecakan campuran agar tetap memenuhi standar pengerjaan di lapangan (Wibowo & Nugroho, 2020). Oleh karena itu, kombinasi PCC, *fly ash*, dan *superplasticizer* menjadi strategi yang potensial dalam menghasilkan beton mutu tinggi yang memiliki kinerja optimal.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh substitusi parsial *fly ash* untuk *Portland Composite Cement* (PCC) dengan penambahan *superplasticizer* 0,8% pada beton mutu tinggi. Evaluasi dilakukan terhadap karakteristik beton segar, kuat tekan beton, dan kuat lentur balok sebagai representasi perilaku elemen struktural (Saputra & Firmansyah, 2024). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan beton struktural berkelanjutan yang sesuai dengan kondisi konstruksi di Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik beton mutu tinggi dengan *Portland Composite Cement* (PCC)?
2. Bagaimana pengaruh *fly ash* variasi 5%, 10%, dan 15% terhadap karakteristik beton mutu tinggi?
3. Bagaimana pengaruh substitusi *fly ash* variasi 5%, 10%, dan 15% dengan bahan tambah *superplasticizer* 0,8% terhadap karakteristik beton mutu tinggi?
4. Berapa komposisi optimum substitusi *fly ash* variasi 5%, 10%, dan 15% dengan bahan tambah *superplasticizer* 0,8% yang menghasilkan kinerja beton mutu tinggi terbaik?

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

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini dimaksudkan untuk memberikan arah yang jelas serta mencegah perluasan ruang lingkup pembahasan. Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Composite Cement* (PCC);
2. Persentase variasi substitusi fly ash yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 5%, 10%, dan 15%;
3. Produk superplasticizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Devcon 1170 dari PT. Devian Chemical Construction dengan dosis 0,8% dari berat semen;
4. Perhitungan mix design beton mutu tinggi dalam penelitian ini menggunakan peraturan berdasarkan ACI 211.4R (*High-Strength Concrete*);
5. Nilai faktor air semen tanpa *superplasticizer* yang direncanakan sebesar 0,28;
6. Nilai faktor air semen menggunakan *superplasticizer* yang direncanakan sebesar 0,34;
7. Nilai *slump* test yang direncanakan sebesar 50 – 100 mm;
8. Nilai *slump flow* test yang direncanakan sebesar 550 – 850 mm;
9. Ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah 12,5 mm;
10. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm;
11. Benda uji berbentuk balok dengan ukuran 15 × 15 × 60 cm;
12. Pengujian dilakukan pada benda uji beton berumur 7, 14, dan 28 hari;
13. Karakteristik beton yang akan diuji dalam penelitian ini meliputi Pengujian *slump*, Berat Isi Beton, Kuat tekan, Kuat Tarik Belah, Kuat Tarik Lentur, dan Modulus Elastisitas;
14. Dalam penelitian ini, pengujian berat jenis semen tidak dilakukan;
15. Dalam penelitian ini tidak dilakukan analisis terhadap emisi karbon.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan yang telah disampaikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan karakteristik beton mutu tinggi dengan *Portland Composite Cement* (PCC).



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. Menganalisis pengaruh *fly ash* variasi 5%, 10%, 15% terhadap karakteristik beton mutu tinggi.
3. Menganalisis pengaruh substitusi *fly ash* variasi 5%, 10%, 15% dengan bahan tambah *superplasticizer* 0,8% terhadap karakteristik beton mutu tinggi.
4. Menentukan komposisi optimum substitusi *fly ash* variasi 5%, 10%, dan 15% dan *superplasticizer* 0,8% yang menghasilkan kinerja beton mutu tinggi terbaik.

1.5 Sistematika Penulisan

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

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.

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

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan dalam penelitian mengenai substitusi parsial *fly ash* variasi 5%, 10%, dan 15% sebagai pengganti sebagian *Portland Composite Cement* (PCC) dengan penambahan *superplasticizer* 0,8% pada beton mutu tinggi, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik beton mutu tinggi dengan PCC 100% menunjukkan nilai *slump* 80 mm (memenuhi target 50–100 mm), berat isi 2.440 kg/m³, kuat tekan 28 hari 51,61 MPa, kuat tarik belah 4,39 MPa, kuat tarik lentur 6,18 MPa, dan modulus elastisitas 30.540,64 MPa. Hasil ini digunakan sebagai beton kontrol dalam mengevaluasi pengaruh substitusi *fly ash* dan penambahan *superplasticizer*.
2. Substitusi *fly ash* 5%, 10%, dan 15% tanpa *superplasticizer* meningkatkan nilai *slump* dari 80 mm menjadi 85–90 mm, namun menurunkan berat isi dari 2.440 kg/m³ menjadi 2.420–2.432 kg/m³. Pada umur 28 hari, seluruh parameter mekanik meningkat hingga kadar optimum 10%, dengan kuat tekan 58,19 MPa, kuat tarik belah 5,11 MPa, kuat tarik lentur 7,24 MPa, dan modulus elastisitas 32.596,05 MPa, kemudian menurun pada FA 15%.
3. Penambahan *superplasticizer* 0,8% pada seluruh variasi *fly ash* menghasilkan *slump flow* 685–740 mm (memenuhi syarat 550–850 mm) dan meningkatkan berat isi hingga 2.453 kg/m³. Pada umur 28 hari, seluruh parameter mekanik meningkat dengan puncak pada FA 10% + SP 0,8%, yaitu kuat tekan 60,30 MPa, kuat tarik belah 5,29 MPa, kuat tarik lentur 7,38 MPa, dan modulus elastisitas 34.535,54 MPa.
4. Komposisi optimum adalah PCC 90% + FA 10% + SP 0,8%, dengan kuat tekan tertinggi 60,30 MPa pada umur 28 hari (naik 16,84% dari kontrol), kuat tarik belah 5,29 MPa, kuat tarik lentur 7,38 MPa, modulus elastisitas 34.535,54 MPa, dan *slump flow* 725 mm (memenuhi syarat). Komposisi ini merupakan kombinasi terbaik dan efektif untuk beton mutu tinggi dalam penelitian ini.

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

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian maupun penerapan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan dosis *superplasticizer* tetap 0,8%, sehingga penelitian lanjutan sebaiknya mengkaji variasi dosis *superplasticizer* yang lebih beragam untuk memperoleh dosis optimum yang mampu menyeimbangkan *workability* dan kuat tekan secara lebih komprehensif.
2. Penelitian ini hanya mengkaji kadar *fly ash* sampai 15%, sehingga penelitian selanjutnya disarankan menguji variasi kadar *fly ash* di luar rentang 5–15% untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh kadar *fly ash* yang lebih tinggi terhadap karakteristik beton mutu tinggi berbasis *Portland Composite Cement* (PCC).
3. Penelitian ini hanya melakukan pengujian hingga umur 28 hari, sehingga penelitian selanjutnya perlu memperluas pengujian hingga umur 56 dan 90 hari, mengingat sifat *pozzolanik fly ash* umumnya berkontribusi optimal pada umur yang lebih panjang.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

DAFTAR PUSTAKA

- 03-2847, S. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Badan Standardisasi Nasional*, 251.
- 03-2847, S. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013. *Badan Standarisasi Nasional*, 265.
- ACI-211.4R-93. (1998). *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash*. 93(Reapproved).
- ACI 318-19. (n.d.). *Building Code Requirements for Structural Concrete*.
- Aliansyah, Z. J. (2024). *The Effect of Fly Ash Substitution in 3 Brands of PCC Cement on The Compressive Strength f_c of Concrete*. 10(1), 51–62.
- ASTM-C 469. (2002). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson 's Ratio of Concrete*. 04, 1–5.
- Boutkhil, H., Fellak, S., Aouan, B., Alehyen, S., Ullah, R., Bari, A., Fidan, H., Ercisli, S., Assouguem, A., & Taibi, M. (2024). *Strength Characteristics and Rheological Behavior of a High Level of Fly Ash in the Production of Concrete*. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c00147>
- BS EN 12350-8. (2010). *BSI Standards Publication; Self-compacting concrete Slump flow test*.
- Damayanti, R. (2022). Pengaruh Campuran Styrofoam Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Tambahan Superplasticizer. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 15(2), 71–76. <https://doi.org/10.23917/dts.v15i2.18736>
- Du, S., Zhao, Q., & Shi, X. (2021). *High-Volume Fly Ash-Based Cementitious Composites as Sustainable Materials : An Overview of Recent Advances*. 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4976169>
- Ferdiansyah, M. A. R., & Rochmah, N. (2023). *Pemanfaatan Limbah Fly Ash Pada Beton Mutu Tinggi Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton*. 9(1), 79–86.
- Gea, P. M., Dohare, G. A., Zebua, M. K., Zebua, A. K., Zebua, D., & Ndruru, R. J. (2024). *PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAJA TERHADAP KUAT TEKAN BETON PADA BERBAGAI TINGKAT KEPADATAN*. 01, 66–73.
- Hadi, S. (2020). Analisis Jenis Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 3(2), 146. <https://doi.org/10.31602/jk.v3i2.4075>
- Hariyanto, G., Ashad, H., & Alifuddin, A. (2021). Pengaruh Modulus Kehalusan

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 Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 6(3), 193–202.
<https://doi.org/10.33096/jtsm.v6i3.346>
- Ibrahim, A. (2021). *Korelasi Koefisien Umur Terhadap Kuat Tekan Beton Yang Menggunakan Semen PCC (Portland Composite Cement)*. 1(2).
- Irfan, M. A., & Rochmah, N. (2023). Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu sebagai Bahan Tambah terhadap Berat Isi Beton Alir. *PORTAL: Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 146–151.
- Juang, C., & Kuo, W. (2023). *Properties and Mechanical Strength Analysis of Concrete Using Fly Ash, Ground Granulated Blast Furnace Slag and Various Superplasticizers*.
- Krisianto, V. P., Tanijaya, J., & Sanggaria, O. J. (2021). *Perbandingan Beton Dengan Menggunakan Portland Composite Cement Dan Ordinary Portland Cement*. 3(3), 406–411.
- Masrafat, H., Sutrisno, W., & Tajunnisa, Y. (2024). *The Effect of Sulfate Exposure on The Mechanical Properties of Conventional Portland Composite Cement Concrete*. 39(2), 91–99.
- Mohamed, O. A., Syed, Z. I., & Najm, O. F. (2016). Splitting tensile strength of sustainable self-consolidating concrete. *Procedia Engineering*, 145, 1218–1225.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.157>
- Monika, F., Prayuda, H., Zega, B. C., & Dwi, M. (2019). *Flexural and Compressive Strength on No-fines Concrete Slab using Variations of Fly Ash and Superplasticizer*. 9, 275–284.
- Morib, M. A., Ariyani, N., Telaumbanau, A. J., & Zebua, Y. E. (2024). *Mix design dan karakteristik teknis scc menggunakan high volume fly ash sebagai pengganti semen*.
- Muhammad, F. I., & Kusdian, R. D. (2021). Pengaruh Penggunaan Produk Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 3(1), 42–54. <https://doi.org/10.32897/simteks.v1i1.803>
- Ode, T., Sahusilawane, T., & Marantika, M. (2024). PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON. *JOURNAL AGREGATE*, 3(1), 1–6.
- Pito Pratama, & Rita Anggraini. (2022). *Pengaruh Penambahan Superplasticizer dan Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu*



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

Tinggi. 2–3.

Pradipa, B. R. C., & Priyono. (2023). *MATERIAL PENYUSUN DAN FORMULA CAMPURAN BETON PT. ADHI PERSADA BETON PABRIK MARGOREJO*. 7(3), 121–139.

Putra Miranda, A., Noorhidana Agustriana, V., & Isneini, M. (2020). Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang pada Beton Mutu Normal. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 8(3), 343–360.

Putra, R. H., Irianti, L., Sebayang, S., & Widyawati, R. (2022). *Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Memanfaatkan Fly Ash dan Silica Fume Sebagai Bahan Pengisi*. 10(3), 501–516.

Putra, W. A., Olivia, M., & Saputra, E. (2020). *Ketahanan Beton Semen Portland Composite Cement (PCC) di Lingkungan Gambut Kabupaten Bengkalis*. 14(April).

Shanmukha, S., Babu, A., Noolu, V., Paluri, Y., Kumar, S., Bijivemula, R., & Akula, U. K. (2024). A study on the synthesis and performance evaluation of fly ash and alccofine as sustainable cementitious materials. *Scientific Reports*, 1–27. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67519-3>

Sitanggang, R., Hutabarat, N. S., & Ginting, R. (2022). PENGGUNAAN SUPERPLASTICIZER PADA BETON MUTU F'c 25 MPa. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 11(2), 202–209.

Slat, V. B., Supit, S. W. M., & Kondojo, N. (2021). Pengaruh Superplasticizer Polymer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 26(2), 115–123. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v26i2.3126>

SNI-03-2834. (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.

SNI-9024. (2021). *Cara uji slump flow pada beton memadat sendiri*.

SNI 03-1968, S. (1990). Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan kasar. *Badan Standardisasi Nasional*.

SNI 03-2491, S. (2002). *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*.

SNI 03-4142, S. (1996). Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 (0,0075 mm). *Badan Standardisasi Nasional*.

SNI 03-4804. (1998). *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat*.

SNI 1969, S. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.

SNI 1970, S. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*.



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

- SNI 1971, S. (2011). *Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan*.
- SNI 1972, S. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.
- SNI 1973, S. (2008). *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton*.
- SNI 1974, S. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*.
- SNI 2491. (2014). Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C496/C496M-04, IDT). *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 1–17.
- SNI 2847. (2019a). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- SNI 2847, S. (2019b). *PENETAPAN STANDAR NASIONAL INDONESIA 2847 : 2019 PERSYARATAN BETON STRUKTURAL UNTUK BANGUNAN GEDUNG DAN PENJELASAN SEBAGAI REVISI DARI STANDAR NASIONAL INDONESIA 2847 : 2013*. 8.
- SNI 4431, S. (2011). *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*.
- Tiyani, L., Sukarman, & Andika Sastro Widjoyo. (2023). Pemanfaatan Substitusi Slag Welding Saw Sebagai Agregat Kasar Pada Beton. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 10(1). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol10.iss1.2023.1542>
- Tunç, U., Kaya, Z., & Çelik, A. İ. (2025). *Sustainable high-performance injection geopolymers , role of GGBFS and water-to-binder ratio in strength , microstructure , and predictive modeling*. 1–22.