

No. 60/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN PCC DENGAN
GGBFS DAN PENAMBAHAN *HYPERPLASTICIZER* 1% PADA
BETON MUTU TINGGI**



Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV

Politeknik Negeri Jakarta :

Disusun Oleh :

Raka Amanda

NIM. 2201420158

Pembimbing:

Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng.

NIP. 198905272022031004

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

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN PCC
DENGAN GGBFS DAN PENAMBAHAN
HYPERPLASTICIZER 1% PADA BETON MUTU TINGGI**
yang disusun oleh **Raka Amanda (2201421058)** telah disetujui dosen
pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir Tahap 2

Pembimbing,

Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng.

NIP. 198905272022031004



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

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi Berjudul :

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN PCC
DENGAN GGBFS DAN PENAMBAHAN
HYPERPLASTICIZER 1% PADA BETON MUTU TINGGI**

Yang disusun oleh **Raka Amanda (2201421058)** telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi di depan Tim Penguji pada hari Rabu, 24 Juni 2025

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Sukarman, S.Pd., M.Eng. NIP. 199306052020121013	 03/07 26
Anggota 1	Andrias Rudi Hermawan, S.T., M.T. NIP. 196601181990111001	
Anggota 2	Lilis Tiyani, S.T., M.Eng. NIP. 199504132020122025	

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta


Istiatun, M.T., S.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 : Raka Amanda
NIM : 2201420158
Program Studi : D4 – Teknik Konstruksi Gedung
Alamat Email : raka.amanda.ts22@mhsw.pnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Substitusi Parsial Semen PCC Dengan GGBFS 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.

Depok, 24 Juni 2026

Yang Menyatakan,

Raka Amanda



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-nya sehingga skripsi yang berjudul “Pengaruh Substitusi Parsial Semen PCC Dengan *GGBFS* Dan Penambahan *Hyperplasticizer* 1% Pada Beton Mutu Tinggi” dapat direncanakan. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada,

1. Kedua orang tua tercinta 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.
2. Ibu Nunung Martina, S.T., M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan arahan, serta masukkan yang berharga selama proses penyusunan skripsi dari awal hingga akhir kepada penulis dengan sabar dan teliti sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing penulis yang memberikan arahan, bimbingan serta masukkan yang berharga selama proses penyusunan skripsi dari awal hingga akhir kepada penulis dengan teliti dan sabar sehingga skripsi ini dapat diselesaikan 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. Mas Senditia Dilang R, A.Md, S.T. selaku Dosen Industri penulis yang telah dengan murah hati menyediakan material yang sangat dibutuhkan dalam penelitian ini. Dukungan dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman-teman kelompok penelitian, Zahran, Nila Sari, Daffa, Hussein, Adelia, Christian, Raply, Bayu, Sultan dan Rayhan yang selalu



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

membersamai, memberikan dukungan, saran dan masukan, serta diskusi bersama dalam pelaksanaan penelitian ini.

7. Teman-teman Teknik Konstruksi Gedung yang ikut membantu dalam penelitian.
8. Para dosen yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuannya serta karyawan dan staf dari Administrasi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Penulis

Raka Amanda





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 ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Beton	6
2.2 Beton Mutu Tinggi	6
2.3 Bahan Penyusunan Beton.....	7
2.3.1 Semen <i>Portland Composite Cement</i> (PCC)	7
2.3.2 Agregat.....	8
2.3.3 Air	10



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

2.3.4	Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS).....	10
2.3.5	Hyperplasticizer (Devcon P900).....	11
2.4	Mix Desain	12
2.5	Pengujian Sifat Fisis Beton	13
2.5.1	Uji Slump.....	13
2.5.2	Uji Slump Flow	13
2.5.3	Berat Isi Beton.....	13
2.6	Pengujian Sifat Mekanis Beton	13
2.6.1	Kuat Tekan	13
2.6.2	Tarik Belah.....	14
2.6.3	Kuat Tarik Lentur.....	15
2.7	State of The Art (Penelitian Terdahulu).....	15
2.8	Novelty (Keterbaruan).....	20
2.9	Hipotesis	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		22
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
3.2	Objek Penelitian	22
3.3	Rancangan Penelitian	23
3.4	Alat Penelitian	24
3.4.1	Peralatan K3.....	24
3.4.2	Peralatan Pemeriksaan Material.....	25
3.4.3	Peralatan Pembuatan Beton.....	25
3.4.4	Perlatan Perawatan Benda uji.....	26
3.4.5	Peralatan Pengujian Beton	26
3.5	Bahan Penelitian.....	26
3.6	Pengumpulan Data	27



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

3.7	Tahapan Penelitian	28
3.8	Persiapan Penelitian	28
3.9	Pemeriksaan Karakteristik Material	29
3.9.1	Pengujian Agregat Kasar.....	29
3.9.2	Pengujian Agregat Halus.....	34
3.10	Pembuatan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	39
3.11	Pembuatan Benda Uji	39
3.12	Pengujian Beton Segar.....	41
3.12.1	Pengujian <i>Slump</i>	41
3.12.2	Pengujian <i>Slump Flow</i>	42
3.12.3	Pengujian Bobot Isi	43
3.13	Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	44
3.14	Pengujian Sampel Benda Uji (Beton Keras).....	44
3.14.1	Pengujian Kuat Tekan	44
3.14.2	Pengujian Tarik Belah.....	46
3.14.3	Pengujian Kuat Tarik Lentur.....	47
3.15	Metode Analisis Data.....	48
3.16	Diagram Alir Penelitian	49
3.17	Luaran Penelitian	51
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN		52
4.1	Data dan Pembahasan Pengujian Bahan Penyusun Beton	52
4.1.1	Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Kasar	52
4.1.2	Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Halus	59
4.2	Rancangan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	66
4.2.1	Perhitungan Campuran Beton (ACI 211.4R)	66
4.3	Pengujian Beton Segar	75



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

4.3.1	Pengujian Slump	75
4.3.2	Pengujian Berat Isi Beton Segar	78
4.4	Analisis Data Pengujian Beton Keras	80
4.4.1	Pengujian Kuat Tekan	80
4.4.2	Pengujian Kuat Tarik Belah	86
4.4.3	Pengujian Kuat Tarik Lentur	90
BAB V	PENUTUP	95
5.1	Kesimpulan	95
5.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN		100

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Gradasi Agregat Kasar Menurut BS	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi Devcon P900	12
Tabel 3. 1 Jumlah Benda Uji	22
Tabel 3. 2 Variasi Benda Uji	40
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	52
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar ...	53
Tabel 4. 3 Data Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar.....	54
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar.....	54
Tabel 4. 5 Data Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	55
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	55
Tabel 4. 7 Data Pengujian Analisa Ayak Agregat Kasar.....	56
Tabel 4. 8 Data Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar.....	57
Tabel 4. 9 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar	58
Tabel 4. 10 Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.....	58
Tabel 4. 11 Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	59
Tabel 4. 12 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	60
Tabel 4. 13 Data Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	61
Tabel 4. 14 Data Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus	61
Tabel 4. 15 Data Hasil Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus.....	62
Tabel 4. 16 Data Hasil Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Halus	62
Tabel 4. 17 Data Hasil Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Halus	63
Tabel 4. 18 Data Pengujian Analisis Ayak Agregat Halus	63
Tabel 4. 19 Data Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus.....	64
Tabel 4. 20 Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	65
Tabel 4. 21 Data Pengujian Bahan.....	66
Tabel 4. 22 Data Pemilihan Nilai Slump	67
Tabel 4. 23 Data Pemilihan Butir Agregat Kasar	67
Tabel 4. 24 Perkiraan Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton.....	67
Tabel 4. 25 Data Perkiraan Air Campuran dan Kandungan Udara Pada Beton Segar	69
Tabel 4. 26 Hubungan Antara Rasio Air-Semen (W/C) Dan Kekuatan Beton.....	69
Tabel 4. 27 Data Perkiraan Kadar Agregat Halus Tanpa HRWRA.....	71
Tabel 4. 28 Data Perkiraan Kadar Agregat Halus Menggunakan HRWRA	71
Tabel 4. 29 Data Proporsi Campuran Dasar Tanpa HRWRA.....	71



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

Tabel 4. 30 Data Total Proporsi Campuran Dasar Tanpa HRWRA	72
Tabel 4. 31 Data Proporsi 1 m3 Tanpa HRWRA Setelah Dikoreksi	72
Tabel 4. 32 Data Proporsi Campuran Dasar Menggunakan HRWRA.....	73
Tabel 4. 33 Data Total Proporsi Campuran Dasar Menggunakan HRWRA	73
Tabel 4. 34 Data Proporsi 1 m3 Menggunakan HRWRA Setelah Dikoreksi	73
Tabel 4. 35 Data Volume Benda Uji.....	74
Tabel 4. 36 Data Total Kebutuhan Bahan.....	74
Tabel 4. 37 Hasil Pengujian Slump Beton Segar	75
Tabel 4. 39 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	80
Tabel 4. 40 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	83
Tabel 4. 41 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....	87
Tabel 4. 42 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	90





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 GAMBAR

Gambar 2. 2 Tabel Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33 ..	9
Gambar 2. 3 Agregat Kasar	9
Gambar 2. 4 GGBFS.....	11
Gambar 3. 2 Lokasi Laboratorium PNJ	22
Gambar 3. 3 Zona Gradasi ASTM C-33.....	33
Gambar 3. 4 Pengujian Slump	41
Gambar 3. 5 Pengujian Slump Flow	43
Gambar 3. 6 Pengujian Kuat Tekan Beton	45
Gambar 3. 7 Pengujian Kuat Tarik Belah.....	47
Gambar 3. 8 Pengujian Kuat Lentur Balok.....	48
Gambar 3. 9 Diagram alir penelitian.....	50
Gambar 4. 1 Grafik Analisa Ayak Agregat Kasar	57
Gambar 4. 2 Grafik Analisa Ayak Agregat Halus	64
Gambar 4. 3 Grafik Pengujian Slump.....	75
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Slump Flow.....	76
Gambar 4. 5 Coefficients Slump.....	77
Gambar 4. 6 Model Summary Pengujian Slump	77
Gambar 4. 7 Model Summary Pengujian Slump Flow	78
Gambar 4. 8 Grafik Berat Isi Beton Segar	79
Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari.....	81
Gambar 4. 10 Coefficients Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	82
Gambar 4. 11 Model Summary Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	82
Gambar 4. 12 Grafik Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	84
Gambar 4. 13 Hasil Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari antara Hasil Penelitian dan Penelitian Yudi (2025).....	85
Gambar 4. 14 Coefficients Kuat Tekan Umur 28 Hari	85
Gambar 4. 15 Model Summary Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	86
Gambar 4. 16 Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	88
Gambar 4. 17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah oleh Haridas (2017).....	89
Gambar 4. 18 Coefficients Kuat Tarik Belah	89
Gambar 4. 19 Model Summary Kuat Tarik Belah.....	90
Gambar 4. 20 Grafik Pengujian Kuat Lentur.....	91
Gambar 4. 21 Hasil Pengujian Kuat Lentur Penelitian Haridas (2017).....	93



© 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

Gambar 4. 22 Coefficient Kuat Lentzur Beton.....	93
Gambar 4. 23 Model Summary Kuat Lentur Beton.....	94





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 LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi.....	101
Lampiran 2 Formulir SI-1	104
Lampiran 3 Formulir SI-2	105
Lampiran 4 Formulir SI-3.....	106
Lampiran 5 Formulir SI-4.....	107
Lampiran 6 Formulir SI-3.....	107
Lampiran 7 Formulir SI-5.....	107



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 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Percepatan pembangunan infrastruktur di Indonesia berdampak langsung pada peningkatan kebutuhan material beton, yang pada gilirannya turut mendorong naiknya konsumsi semen sebagai unsur pengikat utama pada campuran beton (Andhica Luthfi Triyono, 2023). Di sisi lain, sektor persemenan tercatat sebagai salah satu penghasil emisi karbon dalam jumlah besar, sehingga muncul kebutuhan mendesak untuk menghadirkan material alternatif yang bersifat lebih berkelanjutan (Samudra et al., 2024; Susilowati et al., 2025). Kondisi ini mendorong perlunya inovasi pada material beton agar konsumsi semen dapat ditekan tanpa mengorbankan mutu maupun kinerja beton yang dihasilkan.

Salah satu material alternatif yang cukup banyak dikaji sebagai pengganti sebagian semen adalah Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS), yaitu produk sampingan dari industri baja yang memiliki karakter sementisius sekaligus pozzolanik. Sejumlah kajian memperlihatkan bahwa GGBFS pada takaran optimum mampu memperbaiki kinerja beton, sementara penggunaannya pada kadar berlebih justru berpotensi menekan kuat tekan (Anwar et al., 2023; Susilowati et al., 2025). Oleh karena itu, GGBFS dinilai berpeluang menjadi material pendukung dalam pengembangan beton mutu tinggi yang lebih ramah lingkungan.

Pada penelitian ini, GGBFS diterapkan sebagai substitusi parsial terhadap semen *Portland Composite Cement* (PCC). Pemilihan PCC didasari oleh kandungan klinkernya yang lebih rendah dibandingkan semen Portland biasa, sehingga berkontribusi menurunkan emisi karbon dioksida (CO₂) sekaligus konsumsi energi selama proses produksi. Di samping itu, PCC memiliki panas hidrasi relatif rendah namun tetap mampu mencapai kuat tekan yang memadai pada umur tertentu (Lestari et al., 2024).

Sejalan dengan kemajuan teknologi konstruksi, permintaan terhadap beton mutu tinggi terus meningkat, khususnya untuk elemen struktur yang menuntut

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

kekuatan dan durabilitas tinggi. Umumnya, beton jenis ini dirancang dengan faktor air-semen yang rendah, kondisi yang cenderung menurunkan tingkat kelecakan (workability) campuran. Oleh sebab itu, keberadaan bahan tambah kimia berupa *Hyperplasticizer* menjadi penting untuk menjaga workability tanpa perlu menambah kadar air (Susilowati et al., 2025). Penggunaan *Hyperplasticizer* juga diperlukan guna mempertahankan dan meningkatkan workability beton yang mengandung supplementary cementitious materials (Ahmed, 2024).

Kajian mengenai substitusi parsial semen menggunakan GGBFS telah banyak dilakukan sebelumnya. Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengevaluasi kombinasi kadar GGBFS 5%, 10%, dan 15% sebagai substitusi PCC pada beton mutu tinggi, dengan penambahan *Hyperplasticizer* tetap sebesar 1%, masih relatif jarang ditemukan. Berangkat dari kesenjangan tersebut, penelitian ini disusun untuk mengkaji pengaruh substitusi parsial GGBFS terhadap workability, berat isi, kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton mutu tinggi berbasis PCC, sekaligus menentukan kadar substitusi paling optimum.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik beton mutu tinggi tanpa substitusi *GGBFS* dan tanpa penambahan *Hyperplasticizer* sebagai beton kontrol?
2. Bagaimana pengaruh variasi substitusi parsial semen PCC dengan *GGBFS* sebesar (5%, 10%, dan 15%) terhadap karakteristik beton mutu tinggi?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *Hyperplasticizer* 1% pada beton dengan substitusi *GGBFS* sebesar 5%, 10%, dan 15% terhadap karakteristik beton mutu tinggi?
4. Berapakah komposisi substitusi *GGBFS* yang menghasilkan kinerja optimum pada beton mutu tinggi dengan penambahan *Hyperplasticizer* 1%?

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

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan Semen Merdeka tipe *Portland Composite Cement* (PCC) dari PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.
2. Penelitian ini didesain dengan mutu beton tinggi.
3. Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) dari CV HNK Cilegon digunakan sebagai substitusi parsial semen PCC dengan variasi presentase 5%, 10%, dan 15% dari berat semen.
4. Bahan Tambah *Hyperplasticizer* tipe Devcon P900 dari PT Devian Chemical Construction dengan kadar 1% dari berat semen.
5. Agregat Kasar dan Halus yang digunakan pada penelitian ini dari PT Sagaindo Jaya Abadi Cikarang.
6. Perhitungan *mix design* menggunakan metode ACI 211.4R (*High-Strength Concrete*).
7. Faktor air semen tanpa *Hyperplasticizer* yang direncanakan sebesar 0,276.
8. Faktor air semen menggunakan *Hyperplasticizer* yang direncanakan sebesar 0,341.
9. Ukuran agregat kasar yang direncanakan memiliki ukuran maksimal 12,5 mm.
10. Nilai *Slump* tanpa *Hyperplasticizer* direncanakan 50-100 mm
11. Nilai *Slump Flow* menggunakan *Hyperplasticizer* direncanakan 550 - 850 mm.
12. Benda Uji beton berupa beton silinder tidak bertulang (Ukuran : Ø 15 cm x 30 cm) untuk pengujian kuat tekan dan tarik belah.
13. Benda Uji beton berupa balok ukuran 15 x 15 x 60 cm untuk pengujian kuat tarik lentur.
14. Penelitian ini melakukan pengujian beton pada umur 7 dan 28 hari.
15. Karakteristik beton yang akan diuji meliputi Pengujian slump, Berat Isi Beton, Kuat Tekan, Kuat Tarik Lentur, Tarik Belah.
16. Pada Penelitian ini tidak dilakukan pengujian material semen PCC.
17. Pada Penelitian ini tidak dilakukan pengujian material GGBFS.
18. Pada Penelitian ini tidak dilakukan pengujian terhadap emisi karbon.

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

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk Menganalisis karakteristik beton mutu tinggi tanpa substitusi *GGBFS* dan tanpa penambahan *Hyperplasticizer* sebagai beton kontrol
2. Untuk Menganalisis pengaruh variasi substitusi parsial semen PCC dengan *GGBFS* sebesar (5%, 10%, dan 15%) terhadap karakteristik beton mutu tinggi
3. Untuk Menganalisis pengaruh penambahan *Hyperplasticizer* 1% pada beton dengan substitusi *GGBFS* sebesar (5%, 10%, dan 15%) terhadap karakteristik beton mutu tinggi
4. Untuk Menentukan komposisi substitusi *GGBFS* yang menghasilkan kinerja optimum pada beton mutu tinggi dengan penambahan *Hyperplasticizer* 1%

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat yang diharapkan dari penulisan skripsi ini adalah :

- a. Untuk Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil
- b. Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan studi material beton, khususnya terkait pengaruh substitusi *GGBFS* dan penambahan *Hyperplasticizer* terhadap karakteristik beton mutu tinggi.
- c. Untuk Industri Konstruksi
- d. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan komposisi campuran beton yang lebih efisien serta mendukung pemanfaatan material tambahan secara optimal.
- e. Untuk Pengembangan Ilmu Pengetahuan
- f. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami pengaruh variasi *GGBFS* dan *Hyperplasticizer* terhadap kinerja beton mutu tinggi serta mendukung pengembangan teknologi beton yang lebih berkelanjutan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

A. BAB I PENDAHULUAN



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 ini menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan

B. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan kajian pustaka serta teori-teori yang mendasari penelitian, termasuk dasar-dasar teoritis yang relevan dengan permasalahan yang diangkat. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan hipotesis awal yang dirumuskan oleh peneliti sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian.

C. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini memaparkan metode penelitian yang meliputi lokasi dan waktu pelaksanaan, objek yang diteliti, peralatan serta bahan yang digunakan, dan juga teknik pengumpulan data yang diterapkan dalam studi ini.

D. BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan analisis data dan pembahasan yang mencakup proses penyajian data serta interpretasinya. Selain itu, dijelaskan pula hasil analisis yang diperoleh beserta uraian pembahasannya secara sistematis.

E. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan yang merangkum jawaban atas rumusan masalah serta pencapaian tujuan penelitian. Selain itu, disampaikan pula saran saran yang berkaitan dengan hasil penelitian sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya maupun penerapan praktis.

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 yang telah dilakukan, berikut adalah ringkasan nilai-nilai yang diperoleh dari pengujian beton segar dan pengujian sifat mekanis beton.

1. Beton kontrol (100% PCC) menghasilkan nilai slump sebesar 80 mm, bobot isi sebesar 2508 kg/m³, kuat tekan umur 28 hari sebesar 51,61 MPa, kuat tarik belah sebesar 4,85 MPa, dan kuat lentur sebesar 6,09 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beton kontrol memiliki karakteristik beton segar dan beton keras yang baik serta digunakan sebagai acuan pembandingan dalam penelitian ini, meskipun kuat tekannya masih sedikit di bawah target rencana sebesar 55 MPa.
2. Substitusi GGBFS sebesar 5%, 10%, dan 15% tanpa *Hyperplasticizer* cenderung meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur dibandingkan beton kontrol. Kinerja terbaik pada kelompok campuran tanpa *Hyperplasticizer* diperoleh pada variasi PCC 85% + GGBFS 15% dengan kuat tekan 63,38 MPa, kuat tarik belah 4,96 MPa, dan kuat lentur 6,84 MPa.
3. Penambahan *Hyperplasticizer* 1% meningkatkan *workability* beton yang ditunjukkan oleh nilai *slump flow* sebesar 635–730 mm. Selain itu, penambahan *Hyperplasticizer* juga meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur dibandingkan campuran tanpa *Hyperplasticizer* pada kadar GGBFS yang sama.
4. Variasi PCC 85% + GGBFS 15% + *Hyperplasticizer* 1% menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dalam penelitian ini, yaitu sebesar 66,10 MPa pada umur 28 hari. Meskipun campuran optimum belum dapat ditetapkan secara pasti karena variasi kadar GGBFS yang lebih tinggi belum diterapkan, hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap peningkatan kadar GGBFS dari 5%, 10%, hingga 15% selalu diikuti peningkatan kuat tekan. Dari seluruh variasi yang diteliti, nilai kuat tekan maksimum

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

diperoleh pada variasi PCC 85% + GGBFS 15% + *Hyperplasticizer* 1%.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi kadar GGBFS yang lebih luas, seperti 20%, 25%, dan 30%, untuk mengetahui kadar substitusi optimum yang dapat menghasilkan kinerja beton yang lebih baik.
2. Pengujian sifat mekanis beton sebaiknya dilakukan pada umur yang lebih panjang, seperti 56 hari, 90 hari, atau 180 hari, sehingga pengaruh reaksi hidrasi dan pozzolanik GGBFS terhadap perkembangan kekuatan beton dapat diamati secara lebih menyeluruh.
3. Penelitian berikutnya dapat mengkaji penggunaan variasi dosis *Hyperplasticizer* yang berbeda untuk memperoleh kombinasi GGBFS dan *Hyperplasticizer* yang paling efektif dalam meningkatkan workability serta sifat mekanis beton.
4. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan pengujian durabilitas beton, seperti daya serap air, permeabilitas, porositas, dan ketahanan terhadap lingkungan agresif, sehingga kinerja beton dengan substitusi GGBFS dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.
5. Pemanfaatan GGBFS sebagai material substitusi sebagian semen perlu terus dikembangkan karena berpotensi meningkatkan kinerja beton sekaligus mengurangi penggunaan semen dan emisi karbon pada sektor konstruksi. Dengan demikian, penggunaan GGBFS dapat mendukung penerapan beton yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.



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

- Adam, T. V. (2023). Pengaruh Pemanfaatan *Hyperplasticizer* LSC310 Terhadap Kuat Tekan Beton. *Https://Ejournal.Unsrat.Ac.Id/v3/Index.Php/Tekno*, 21(86).
- Ahmed, A. (2024). Assessing the effects of supplementary cementitious materials on concrete properties : a review. In *Discover Civil Engineering*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s44290-024-00154-z>
- Andhica Luthfi Triyono, E. W. (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume 20% Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(1), 1–6.
- Anni, S., & Iqbal, Y. (2016). Kuat tekan beton campuran ggbfs dan fly ash menggunakan retarder. 51–56.
- Anwar, R. N., Chalid, A., & Siregar, C. A. (2023). pengaruh ground granulated blast furnnace (ggbf) slag sebagai bahan tambah sebagian semen terhadap kuat tekan beton. 3(1), 131–143.
- Asmanovita, R., Utama, P. S., Olivia, M., Teknik, F., Riau, U., Teknik, F., & Riau, U. (2021). Kuat tekan dan porositas beton pofa dengan penambahan silika fume di air gambut 1). *JOM FTEKNIK Volume 8 Edisi 1*, 8, 1–8.
- Badan Standardisasi Nasional. (1998a). *SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1998b). *SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012a). *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06 , IDT)*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012b). *SNI 7656-2012 Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012c). *STM C117:2012 Metode Uji Bahan yang Lebih Halus dari Saringan 75 µm dalam Agregat Mineral dengan Pencucian*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1969:2016 Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Badan Standardisasi Nasional,
- Darwis, Z., Budi, H., Kuncoro, B., & Sitorus, J. (2022). Perencanaan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tinggi Menggunakan Superplasticizer Ligno C- 491 Dan Kombinasi Ordinary Portland Cement (OPC) Dengan Semen Slag. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, Volume 11 No 2, 11(2).*

Faqihuddin, A., Hermansyah, & Kurniati, E. (2021). *tinjauan campuran beton normal dengan penggunaan superplasticizer sebagai bahan pengganti air sebesar 0%; 0,3%; 0,5% dan 0,7% berdasarkan berat semen.pdf* (p. 10).

Haridas, S., & Jamal, S. M. (2017). *Study of Properties of High Strength Concrete Prepared By Partial Replacement of Cement with GGBS*. 2(2), 127–130.

Institute, A. C. (2008). *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials*. American Concrete Institute.

Juesmin, E., Satyarno, I., Siswosukarto, S., Nawangsasi, R. D., & Taufiq, H. (2026). *The Application of Alkali Activator and Admixture for High Early Concrete Compressive Strength with GGBFS Substitution*. 21(2).

Lestari, A. D., Hutaeruk, D. M., & Alfa, A. (2024). *Studi eksperimen kuat tekan beton menggunakan Portland Composite Cement (pcc) dan portland pozzolan cement (ppc) dengan pasir yang ditambang dari sungai wampu (mix design sni 7656-2012).* 10(3).

Luthfiani, T. E., & Rahmawati, A. Y. (2025). *Pengaruh Serat Baja Terhadap Karakteristik Mekanik Beton Self Compacting Concrete*. 9(1).

Marzuandi, L. (2025). *Pengaruh Kebersihan Agregat Terhadap Kualitas dan Kekuatan Beton*. 1(1).

Nasional, B. S. (2011). *SNI 4431:2011 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standardisasi Nasional,.

Saka, K., Herman, S., Desi, P., Program, M., Teknik, S., Kristen, U., & Paulus, I. (2020). *Karakteristik Beton Mutu Tinggi dengan Substitusi Slag Baja dan Slag Nikel Sebagai Agregat Kasar*. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(1), 8–15.

Samudra, N., Djayaprabha, H. S., & Darapuspa, D. (2024). *Kajian Eksperimental untuk Mengukur Kinerja Ground Granulated Blast Furnace Slag sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Kekuatan Tekan dan Sorptivitas Self-Compacting Mortar*. *Journal of Sustainable Construction*, 4(1), 1–9.

Sulaiman, L., Taurano, G. A., Hakim, T., Pengajar, S., Teknik, P., Bangunan, K.,



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

Ash, F., & Fume, S. (2024). Menggunakan kombinasi fly ash dan silica fume. *Orbith vol. 20 no. 3, 20(3)*, 245–255.

Susilowati, A., Hakim, H., & Akiranda, A. (2025). Studi eksperimental pengaruh ggbfs dan superplasticizer terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton. *Contruction and material journal*, 7(2).

Tomagola, N. B. (2019). *Pengaruh Penggunaan Silica Fume Dan Abu Sekam Padi Sebagai Subtitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton.*

Xin, C., Cao, Z., Sun, J., Wang, H., & Wu, S. (2024). Influence of Steel Slag on Properties of Cement-Based Materials : *Buildings 2024, 14, 2985.*
<https://doi.org/10.3390/buildings14092985>

Yudi, A., Aprilia, A. S., & Wildani, M. A. (2025). Analisis pengaruh penambahan ggbfs sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan dan flowability pada beton scc. (*jurnal ilmiah teknologi informasi terapan*), 11(2).

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**