

59/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL *GGBFS* UNTUK SEMEN
HIDRAULIS DAN PENAMBAHAN *HYPERPLASTICIZER* 1%
TERHADAP KINERJA BETON MUTU TINGGI**



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

Disusun Oleh:

Ahmad Rayhan Fakhri

NIM. 2201421034

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul:

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL *GGBFS* UNTUK SEMEN HIDRAULIS
DAN PENAMBAHAN *HYPERPLASTICIZER* 1% TERHADAP KINERJA
BETON MUTU TINGGI**

Yang disusun oleh **Ahmad Rayhan Fakhri (NIM 2201421034)** telah disetujui
dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam
Sidang Tugas Akhir Tahap 1



Pembimbing

Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T.,
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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL *GGBFS* UNTUK SEMEN
HIDRAULIS DAN PENAMBAHAN *HYPERPLASTICIZER* 1% TERHADAP
KINERJA BETON MUTU TINGGI**

Yang disusun oleh **Ahmad Rayhan Fakhri (NIM 2201421034)** telah
dipertahankan dalam Sidang Skripsi Tahap 2 di depan Tim Penguji pada hari
Senin tanggal 29 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Lilis Tiyani, S.T., M. Eng NIP 199504132020122025	
Anggota	Andrias Rudi Hermawan, S.T., M.T. NIP 196601181990111001	
Anggota	Nunung Martina, M.Si., S.T. NIP 196703081990032001	

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta

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



Hak Cipta :

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

HALAMAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Ahmad Rayhan Fakhri
NIM : 2201421034
Program Studi : D4 – Teknik Konstruksi Gedung
Alamat Email : ahmad.rayhan.fakhri.ts22@mhs.wpnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Substitusi Parsial *GGBFS* Untuk Semen Hidraulis Dan Penambahan *Hyperplasticizer* 1% Terhadap Kinerja 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**

Depok, 15 Juli 2026

Yang Menyatakan,

Ahmad Rayhan Fakhri



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan prposal skripsi yang berjudul “Pengaruh Substitusi Parsial *Ggbfs* Untuk Semen Hidraulis Dan Penambahan *Hyperplasticizer* 1% Terhadap Kinerja Beton Mutu Tinggi” tepat pada waktunya. Skripsip ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Terapan di Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Proses Penyelesaia Skripsi ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tulus kepada :

1. kepada orang tua penulis: Misnan dan Mimi Jamilah yang tidak pernah lelah untuk selalu memberikan doa, restu, dan motivasi kepada penulis.
2. Bapak Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya sejak awal hingga akhir untuk memberikan bimbingan kepada penulis dengan penuh kesabaran dan ketelitian, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.
3. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah mengizinkan penulis untuk melaksanakan magang industri
4. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
5. Ibu Eri Ester K, Dra., M.Hum., Dr. selaku Pembimbing Akademik yang sangat banyak berjasa dalam berkontribusi memberikan saran, bimbingan, dan motivasi selama menjalani perkuliahan kepada kelas 4 Teknik Konstruksi Gedung 2.
6. 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.

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



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

7. Para dosen yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuannya serta karyawan dan staf dari Administrasi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
8. Teman-teman kelompok penelitian, Zahran, Nila, Daffa,, Raka, Raply, Bayu, Sultan, dan Cristian yang selalu kebersamai, memberikan dukungan, dan saran, serta diskusi bersama dalam pelaksanaan penelitian ini.
9. Para dosen yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuannya serta karyawan dan staf dari Administrasi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini tidak luput dari kekurangan, sehingga penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Depok, 2 Maret 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Masalah	5
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Beton Mutu Tinggi	7
2.2 GGBFS Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Hidraulis	8
2.3 Pengaruh Kadar Substitusi GGBFS Terhadap Kinerja Beton	9
2.4 Hyperplasticizer pada Beton dengan Rasio Air-Pengikat Rendah.....	9
2.5 Kinerja Beton: Workability dan Kuat Tekan	11
2.6 Material Penyusu Beton Mutu Tinggi.....	11
2.6.1 Semen Hidrolis.....	11
2.6.2 Agregat.....	12

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



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

2.6.3	Agregat Halus.....	12
2.6.4	Agregat Kasar.....	14
2.6.5	Air	16
2.6.6	GGBFS	17
2.6.7	Hyperplasticizer (Devcon P900).....	17
2.7	Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton Mutu Tinggi	18
2.8	Umur Beton.....	19
2.9	Perawatan Beton (Curing).....	20
2.10	<i>State Of The Art</i>	18
2.11	Hipotesis.....	22
2.12	Novelty	23
2.13	Research Gap	25
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Jenis dan Desain Penelian	27
3.2	Lokasi Penelitian.....	27
3.3	Rancangan Penelitian	28
3.4	Bahan Penilitian	29
3.5	Mix Design.....	29
3.6	Variasi Campuran Beton	29
3.7	Tabel Mix Desain	30
3.8	Benda Uji	34
3.9	Alat Penelitian.....	35
3.9.1	Peralatan Pengujian Material	35
3.9.2	Peralatan K3	55
3.10	Variabel dan Definisi Operasional	55
3.10.1	Variabel independen	55
3.10.2	Variabel dependen	55



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

3.10.3	Variabel Kontrol	58
3.11	Prosedur Penilaian.....	58
3.11.1	Persiapan Material.....	59
3.11.2	Perencanaan Campuran Beton (Mix Design).....	59
3.12	Teknik Analisis Data	65
3.12.1	Analisis Deskriptif	65
3.12.2	Analisis Pengaruh Variabel (Main Effect)	65
3.12.3	Analisis Interaksi Variabel	66
3.12.4	Analisis Statistik (ANOVA Dua Arah).....	66
3.12.5	Diagram Alur Analisis Statistik.....	68
3.12.6	Tabel Ringkasang Uji Asumsi Statistik dan ANOVA	69
3.13	Jadwal Penelitian.....	70
BAB IV METODE PENELITIAN.....		44
4.1	Analisis Data Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	44
4.1.1	Berat Jenis Semen Hidraulis	44
4.1.2	Pengujian Agregat Kasar.....	44
4.1.3	Pengujian Agregat Halus.....	53
4.2	Data Rancangan Campuran (Mix Design)	61
4.2.1	Pemilihan Nilai Slump	62
4.2.2	Memilih Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum.....	62
4.2.3	Perkiraan Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton	63
4.2.4	Menghitung Massa Kering Agregat Kasar Per Yard Kubik (Wdry) ..	63
4.2.5	Menghitung kandungan Rongga Agregat Halus (V).....	64
4.2.6	Menghitung Penyesuaian Pencampuran Air	64
4.2.7	Menghitung Kebutuhan Air.....	65
4.2.8	Memilih Rasio Air – Semen Maksimum Untuk Beton Mutu Tinggi.	65
4.2.9	Menghitung Perkiraan Kadar Semen	66



Hak Cipta :

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

4.2.10	Menghitung Perkiraan Kadar Agregat Halus	66
4.2.11	Penyusaian Proporsi Campuran	70
4.3	Pengujian Beton Segar	71
4.3.1	Pengujian Slump	71
4.3.2	Pengujian Berat Isi Beton Segar	75
4.4	Pengujian Beton Keras	79
4.4.1	Kuat Tekan	79
4.4.2	Kuat Tarik Belah	89
4.4.3	Kuat Lentur	97
BAB V PENUTUP		106
5.1	Kesimpulan	106
5.2	Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....		109
LAMPIRAN.....		114

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Spesifikasi Semen Hidraulis.....	12
Gambar 2. 2 Semen Hidrolis.....	12
Gambar 2. 3 Agregat Halus.....	13
Gambar 2. 4 Tabel Agregat Halus.....	13
Gambar 2. 5 Agregat Kasar.....	14
Gambar 2. 6 Air.....	16
Gambar 2. 7 GGBFS.....	17
Gambar 2. 8 Hyperplasticizer.....	18
Gambar 3. 1 PT Devian Chemical Construction.....	28
Gambar 3. 2 Laboratorium Teknik Sipil PNJ.....	28
Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian.....	28
Gambar 3. 4 Silinder Beton.....	34
Gambar 3. 5 Balok Beton.....	34
Gambar 3. 6 Pengujian Slump.....	60
Gambar 3. 7 Slump Flow.....	61
Gambar 3. 8 <i>Diagram Alur Analisis Statistik (Uji Normalitas → Uji Homogenitas → ANOVA → Uji Lanjut Tukey HSD)</i>	68
Gambar 4. 1 Katalog Semen Hidraulis.....	44
Gambar 4. 2 Grafik Agregat Kasar.....	50
Gambar 4. 3 Grafik Agregat Halus.....	58
Gambar 4. 4 Hasil Grafik Slump Test Beton Segar.....	72
Gambar 4. 5 Hasil Koefisien SPSS.....	72
Gambar 4. 6 Hasil Model Summary SPSS.....	73
Gambar 4. 7 Hasil Grafik Slump Flow Test Beton Segar.....	74
Gambar 4. 8 Hasil Koefisien SPSS.....	74
Gambar 4. 9 Hasil Model Summary SPSS.....	75
Gambar 4. 10 Grafik Berat Isi Beton Segar.....	76
Gambar 4. 11 Hasil Koefisien SPSS.....	77
Gambar 4. 12 Hasil Model Summary SPSS.....	78
Gambar 4. 13 Grafik Kuat Tekan 7 Hari.....	80
Gambar 4. 14 Hasil Koefisien SPSS.....	81
Gambar 4. 15 Hasil Olahan SPSS.....	82

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



© 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

Gambar 4. 16 Grafik Kuat Tekan 28 Hari	84
Gambar 4. 17 Hasil Koefisien SPSS (Hasil Peneliti).....	86
Gambar 4. 18 Hasil Model Summary SPSS (Hasil Peneliti)	87
Gambar 4. 19 Grafik Kuat Tarik Belah (Hasil Peneliti).....	90
Gambar 4. 20 Hasil Olahan SPSS (Hasil Peneliti).....	91
Gambar 4. 21 Hasil Olahan SPSS (Hasil Peneliti).....	92
Gambar 4. 22 Grafik Kuat Tarik Belah (Shaji M Jamal) 2017	94
Gambar 4. 23 Hasil Grafik Kuat Lentur.....	98
Gambar 4. 24 Hasil Koefisien SPSS	99
Gambar 4. 25 Hasil Model Summary SPSS	101
Gambar 4. 26 Grafik Kuat Lentur (Shaji M Jamal) 2017	102





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analisis Ayakan Agregat Kasar	15
Tabel 2.2 Spesifikasi <i>Hyperplasticizer</i> Devcon P900	18
Tabel 2.3 <i>Mix Design</i>	19
Tabel 2.4 <i>State Of The Art</i>	18
Tabel 2.5 <i>Novelty</i>	23
Tabel 2.6 <i>Research Gap</i>	25
Tabel 3. 1 Tabel <i>Mix Design</i>	30
Tabel 3. 2 Peralatan Pengujian Agregat Halus	35
Tabel 3. 3 Peralatan Pengujian Beton Segar	52
Tabel 3. 4 Peralatan Pengujian Beton Keras	54
Tabel 3. 5 <i>Ringkasan Uji Asumsi Statistik, ANOVA, dan Uji Lanjut Tukey HSD</i>	69
Tabel 3. 6 Keterangan Jadwal Penelitian	44
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	45
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	46
Tabel 4. 3 Data Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Kasar	47
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Kasar	47
Tabel 4. 5 Data Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Kasar	48
Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Kasar	49
Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian Analisa Ayak pada Agregat Kasar	49
Tabel 4. 8 Data Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar	51
Tabel 4. 9 Data Hasil pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar	51
Tabel 4. 10 Data Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar	52
Tabel 4. 11 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar	52
Tabel 4. 12 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Halus	53
Tabel 4. 13 Data Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Halus	55
Tabel 4. 14 Data Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus	55
Tabel 4. 15 Data Hasil Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus	56
Tabel 4. 16 Data Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Halus	56
Tabel 4. 17 Data Hasil Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Halus	57
Tabel 4. 18 Data Hasil Pengujian Analisa Ayak pada Agregat Halus	57
Tabel 4. 19 Data Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus	59

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. 20 Data Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus	59
Tabel 4. 21 Data Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus	60
Tabel 4. 22 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus.....	60
Tabel 4. 23 Data Pengujian Bahan	61
Tabel 4. 24 Data Pemilihan Nilai Slump.....	62
Tabel 4. 25 Data Pemilihan Nilai Slump Flow	62
Tabel 4. 26 Data Pemilihan Butir Agregat Kasar	62
Tabel 4. 27 Perkiraan Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton	63
Tabel 4. 28 Data Perkiraan Air Campuran dan Kandungan Udara pada Beton Segar	65
Tabel 4. 29 Hubungan Antara Rasio Air-Semen (W/C) Dan Kekuatan Beton	65
Tabel 4. 30 Data Perkiraan Kadar Agregat Halus Tanpa HRWA	67
Tabel 4. 31 Data Perkiraan Kadar Agregat Halus Menggunakan HRWA.....	67
Tabel 4. 32 Data Proporsi Campuran Dasar Tanpa HRWA.....	67
Tabel 4. 33 Data Total Proporsi Campuran Dasar Tanpa HRWA	68
Tabel 4. 34 Data Proporsi 1 m ³ Tanpa HRWA Setelah Dikoreksi	68
Tabel 4. 35 Data Proporsi Campuran Dasar Menggunakan HRWA	69
Tabel 4. 36 Data Total Proporsi Campuran Dasar menggunakan HRWA.....	69
Tabel 4. 37 Data Proporsi 1m ³ Menggunakan HRWA setelah dikoreksi	70
Tabel 4. 38 Proporsi Campuran Per variasi.....	70
Tabel 4. 39 Data Volume Benda Uji	71
Tabel 4. 40 Hasil Pengujian Slump Beton Segar	71
Tabel 4. 41 Data Berat isi Beton Segar	76
Tabel 4. 42 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	79
Tabel 4. 43 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	83
Tabel 4. 44 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti terdahulu Kuat Tekan	88
Tabel 4. 45 Tabel Perbandingan olahan peneliti dengan penelitian terdahulu Kuat Tekan	88
Tabel 4. 46 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	89
Tabel 4. 47 Tabel Perbandingan olahan peneliti dengan penelitian terdahulu	96
Tabel 4. 48 Tabel Perbandingan olahan peneliti dengan penelitian terdahulu	96
Tabel 4. 49 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur	97
Tabel 4. 50 Tabel Perbandingan olahan peneliti dengan penelitian terdahulu	103
Tabel 4. 51 Tabel Perbandingan olahan peneliti dengan penelitian terdahulu	104



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 FORM SI-2 (Lembar Pengesahan)	115
Lampiran 2 FORM SI 3 (Lembar Asistensi Pembimbing)	116
Lampiran 3 FORM-3 (Lembar Asisten Penguji)	117
Lampiran 4 FORM-3 (Lembar Asisten Penguji)	118
Lampiran 5 FORM-3 (Lembar Asisten Penguji)	119
Lampiran 6 FORM-4 (Persetujuan Pembimbing).....	120
Lampiran 7 FORM-5 (Persetujuan Penguji)	121
Lampiran 8 FORM-5 (Persetujuan Penguji)	122
Lampiran 9 FORM-5 (Persetujuan Penguji)	123
Lampiran 10 FORM-7 (Lembar Bebas Pinjaman Urusan Administrasi).....	124

**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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi hingga saat ini masih sangat bergantung pada beton sebagai material utama karena material ini memiliki kemudahan dalam proses pembentukan, kuat tekan (*compressive strength*) yang baik, serta fleksibilitas penerapan pada berbagai elemen struktur bangunan. Namun demikian, penggunaan beton konvensional tidak dapat dipisahkan dari tingginya konsumsi semen, sementara proses produksi semen diketahui memberikan kontribusi yang signifikan terhadap emisi karbon dan konsumsi energi. (K. S. Gayathri, 2025)

Pada beton mutu tinggi, permasalahan tersebut menjadi lebih kompleks karena penerapan rasio air-pengikat yang rendah yang diperlukan untuk memperoleh kuat tekan tinggi dan struktur mikro yang lebih rapat cenderung menurunkan *workability* campuran, meningkatkan sensitivitas terhadap desain campuran, serta menuntut penggunaan bahan tambah kimia agar beton tetap dapat dikerjakan dengan baik tanpa meningkatkan kadar air bebas. (S. Lakshmikanth, M. C. Nataraja, 2022)

Kondisi tersebut menjadikan perancangan beton mutu tinggi tidak hanya berorientasi pada pencapaian kekuatan, tetapi juga pada pengendalian sifat segar campuran secara cermat, sekaligus pada upaya menekan dampak lingkungan dari konsumsi klinker semen. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk menjawab kedua kebutuhan tersebut secara bersamaan adalah penggunaan *supplementary cementitious materials* (SCM) sebagai substitusi parsial semen, karena mampu menurunkan konsumsi klinker, memanfaatkan produk samping industri, serta pada kondisi tertentu tetap mempertahankan atau bahkan meningkatkan sifat mekanik maupun durabilitas beton. (K. S. Gayathri, 2025)

Di antara berbagai jenis SCM, *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) merupakan material yang sangat potensial karena berasal dari produk samping industri besi dan baja, memiliki sifat laten hidraulik, serta dilaporkan mampu meningkatkan performa beton melalui efek pengisian partikel halus, densifikasi mikrostruktur, dan kontribusi terhadap pembentukan produk hidrasi tambahan. (Raghuvanshi & Singh, 2024)



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

Pada beton mutu tinggi, penggunaan *GGBFS* menjadi semakin menarik karena berpotensi menurunkan panas hidrasi, memperbaiki kerapatan pasta semen, serta memberikan perkembangan kekuatan yang baik pada umur lanjutan. (Duy-Hai Vo, Vinh-Phuc Doan, 2024)

Kajian-kajian terdahulu menunjukkan kecenderungan yang searah namun belum sepenuhnya konsisten dalam menentukan kadar substitusi *GGBFS* yang optimum. Omer dkk. (2025) melaporkan bahwa kombinasi kadar *GGBFS*, rasio air-pengikat, dan dosis superplasticizer berbasis polikarboksilat mampu meningkatkan *workability*, membentuk mikrostruktur yang lebih padat, serta meningkatkan kuat tekan jangka panjang hingga umur 365 hari, dengan kondisi optimum pada *GGBFS* 22,5% dan SP 2%. Susilowati dkk. (2025) memperoleh hasil yang selaras, yaitu substitusi *GGBFS* 20% dengan dosis superplasticizer konstan 1% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 53,40 MPa pada umur 28 hari. Sementara itu, Cahyani & Rusdianto (2020) melaporkan bahwa substitusi *GGBFS* hingga 40–50% justru dapat meningkatkan *workability* dan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Perbedaan rentang kadar optimum antar-penelitian ini menunjukkan bahwa performa *GGBFS* sangat bergantung pada kombinasi parameter campuran yang digunakan, bukan pada satu nilai kadar yang berlaku umum untuk seluruh sistem beton.

Dari sisi kelengkapan pengujian, sebagian besar penelitian terdahulu belum mengevaluasi seluruh parameter kinerja beton secara bersamaan. Yudi dkk. (2025) dan Addin Yalqa Qinthara (2025) berfokus pada kuat tekan dan flowability/kuat tarik belah pada beton self-compacting concrete (SCC), sementara Siddique & Kaur (2012) mengkaji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas namun pada konteks ketahanan terhadap temperatur tinggi, bukan pada kondisi perawatan normal. Di sisi lain, penelitian di lingkungan Jurusan Teknik Sipil PNJ pada mutu rencana yang sama (f_c 55 MPa) Farolina & Martina (2025) dan Dwi dkk. (2025) mengombinasikan substitusi semen hidraulis dengan microfiber dan *hyperplasticizer* sekaligus, sehingga pengaruh substitusi semen terhadap kinerja beton bercampur dengan pengaruh serat dan sulit diisolasi secara spesifik. Selain itu, Slat & Supit (2021) menunjukkan bahwa dosis superplasticizer berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton mutu tinggi, tetapi kajian tersebut sama sekali tidak melibatkan variabel *GGBFS*, sehingga interaksi antara kedua bahan belum terungkap.



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

Berdasarkan sintesis di atas, teridentifikasi beberapa kesenjangan penelitian (research gap) yang mendasari perlunya penelitian ini dilakukan:

Gap 1 Belum terisolasinya pengaruh murni kadar *GGBFS* pada rentang rendah–sedang. Sebagian besar penelitian terdahulu mengkaji *GGBFS* pada kadar substitusi tinggi (20%–60%) atau mengubah beberapa variabel campuran secara bersamaan (rasio air-pengikat, temperatur perawatan, dosis superplasticizer), sehingga pengaruh kadar *GGBFS* itu sendiri pada rentang di bawah 20% untuk beton mutu tinggi dengan dosis bahan tambah kimia yang tetap belum banyak diisolasi secara spesifik (Omer dkk., 2025; Susilowati dkk., 2025).

Gap 2 Kombinasi *GGBFS* dan *hyperplasticizer* tanpa bahan tambah serat masih terbatas. Penelitian terdahulu pada mutu rencana yang sama (f_c 55 MPa) umumnya mengombinasikan substitusi semen hidraulis dengan microfiber dan *hyperplasticizer* secara bersamaan, sehingga pengaruh substitusi semen terhadap kinerja beton bercampur dengan pengaruh serat (Farolina & Martina, 2025; Dwi dkk., 2025).

Gap 3 Evaluasi parameter kuat mekanik belum terintegrasi. Mayoritas penelitian *GGBFS* berfokus pada kuat tekan dan *workability* sebagai parameter utama, sedangkan kuat tarik belah dan kuat lentur jarang dikaji secara bersamaan dalam satu rancangan percobaan untuk beton mutu tinggi berbasis kombinasi *GGBFS* dan *hyperplasticizer* (Yudi dkk., 2025; Addin Yalqa Qinthara, 2025; Siddique & Kaur, 2012).

Gap 4 Belum terpadunya prosedur mix design ACI 211.4R-08 dengan klasifikasi slump flow SCC. Penelitian yang mengevaluasi *workability GGBFS* umumnya menggunakan pengujian slump konvensional atau merancang campuran SCC tanpa mengacu pada prosedur mix design beton mutu tinggi ACI 211.4R-08, sehingga kajian yang memadukan keduanya pada campuran ber-*GGBFS* relatif belum banyak dilakukan (Yudi dkk., 2025; Susilowati dkk., 2025).

Gap 5 Minimnya kuantifikasi statistik atas pengaruh utama dan interaksi. Sebagian besar penelitian terdahulu menyajikan hasil pengujian secara deskriptif tanpa analisis statistik lanjutan yang memisahkan pengaruh utama (main effect) kadar *GGBFS* dan dosis *hyperplasticizer* serta interaksi keduanya terhadap sifat segar dan sifat keras beton secara bersamaan (Omer dkk., 2025; Slat & Supit, 2021).



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

1.2 Perumusan Masalah

1. Apakah persentase substitusi *GGBFS* (5%, 10%, 15%) dan penambahan *hyperplasticizer* 1% berpengaruh signifikan, baik secara parsial maupun simultan, terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah beton mutu tinggi ?
2. Apakah persentase substitusi *GGBFS* dan Penambahan *hyperplasticizer* 1% berpengaruh signifikan terhadap *workability* beton mutu tinggi ?
3. Pada kombinasi persentase substitusi *GGBFS* (5%, 10%, 15%) dan *hyperplasticizer* 1% yang manakah diperoleh nilai kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah beton mutu tinggi yang optimum berdasarkan hasil pengujian statistik ?

1.3 Batasan Masalah

1. Menggunakan Semen Hidraulis
2. Substitusi *GGBFS* dibatasi pada beberapa persentase tertentu (5%, 10%, 15%,)
3. Admixture yang digunakan adalah *Hyperplasticizer* Devcon P900 sebesar 1 % dari berat semen
4. Hasil sampling industri besi dan baja yang dikaji *GGBFS* sebagai pengganti parsial Semen Hidraulis
5. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
6. Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm
7. Pengujian dilakukan pada benda uji 7, dan 28 hari
8. Karakteristik beton yang akan diuji mencakup kuat tekan, kuat lentur, dan tarik belah
9. Nilai Slump Tanpa *Hyperplasticizer* 50 – 100 mm
10. Nilai Slump Flow Menggunakan *Hyperplasticizer* 760 – 850 mm (SF 3)
11. Ukuran Agregat Kasar maksimum sebesar 12,5mm
12. Agregat Halus saringan dengan ukuran 4,75
13. Kekuatan beton yang di targetkan adalah 55 Mpa
14. Tidak Melakukan Pengujian Semen Hidraulis
15. Tidak Melakukan Pengujian *GGBFS*



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

16. Peraturan mix design yang digunakan ACI 211.4R – 08

1.4 Tujuan Masalah

1. Menganalisis pengaruh substitusi parsial *GGBFS* sebagai pengganti semen hidraulis pada variasi persentase 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan *hyperplasticizer* sebesar 1% terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah beton mutu tinggi.
2. Mengevaluasi pengaruh substitusi parsial *GGBFS* sebagai pengganti semen hidraulis terhadap *workability* beton mutu tinggi, dengan penggunaan *hyperplasticizer* sebesar 1% dari berat binder.
3. Menentukan kadar optimum substitusi *GGBFS* pada persentase 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan *hyperplasticizer* sebesar 1% untuk menghasilkan kinerja beton mutu tinggi terbaik, ditinjau dari kuat tekan, kuat tarik, dan kuat tarik belah.

1.5 Sistematika Penulisan

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

A. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang pemilihan subjek penelitian, masalah yang diselidiki, rumusan masalah, tujuan dan keuntungan penelitian, serta pembatasan dan sistematika penulisannya..

B. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas penelitian dan teori-teori yang mendasari penelitian. Ini termasuk dasar teoritis yang relevan dengan masalah yang dibahas. Bab ini juga menjelaskan hipotesis awal peneliti yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan penelitian..

C. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian. Ini membahas hal-hal seperti lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, objek yang diteliti, peralatan dan bahan yang digunakan, dan metode pengumpulan data yang digunakan 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

D. BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas analisis dan pembahasan data, yang mencakup proses penyajian dan interpretasi data. Hasil analisis juga dijelaskan, dan bab ini juga memberikan uraian menyeluruh tentang pembahasan tersebut.

E. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan solusi untuk rumusan masalah dan tujuan penelitian.



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 statistik terhadap pengaruh substitusi parsial *GGBFS* pada persentase 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan *hyperplasticizer* 1% terhadap kinerja beton mutu tinggi f_c 55 MPa,

- Pada umur 28 hari, dapat disimpulkan bahwa kedua variabel tersebut berdampak signifikan, baik secara parsial maupun bersamaan, terhadap kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, dan kekuatan lentur beton. Dengan koefisien determinasi (R^2) model sebesar 0,876, variasi kuat tekan 87,6% dijelaskan oleh *hyperplasticizer*. Nilai signifikansi *GGBFS* sebesar 0,018 ($< 0,05$) menunjukkan pengaruh yang signifikan secara parsial, sedangkan nilai signifikansi *hyperplasticizer* sebesar 0,061 ($> 0,05$) menunjukkan pengaruh yang belum signifikan secara parsial pada taraf kepercayaan 95%. Peningkatan kuat tekan meningkat dari 52,91 MPa pada beton normal menjadi 66,06 MPa pada. Pada kuat tarik belah *Hyperplasticizer* dan *GGBFS* memiliki pengaruh signifikan dengan nilai signifikansi berturut-turut 0,005 dan 0,004, dan R^2 sebesar 0,958. Sebaliknya, kedua variabel ini memiliki pengaruh signifikan pada kekuatan lentur dengan nilai signifikansi 0,001 dan $< 0,001$, dan R^2 sebesar 0,996. Oleh karena itu, hipotesis pertama (H_1) dan kedua (H_2) penelitian diterima karena pengaruh statistik dari substitusi *GGBFS* dan penambahan *hyperplasticizer* terhadap ketiga parameter kuat mekanik beton..
- Terhadap *workability*, peningkatan kadar substitusi *GGBFS* menurunkan nilai slump dari 90 mm pada beton normal menjadi 80 mm pada substitusi 15%, dengan nilai signifikansi sebesar 0,17 ($> 0,05$) yang menunjukkan bahwa pengaruh tersebut belum signifikan secara statistik. Pada campuran

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

dengan *hyperplasticizer*, nilai slump flow menurun dari 822 mm menjadi 754,5 mm seiring peningkatan kadar *GGBFS*, dengan nilai signifikansi 0,11 ($> 0,05$) yang juga menunjukkan pengaruh belum signifikan, meskipun koefisien determinasi model sebesar 1,00 mengindikasikan model regresi menjelaskan seluruh variasi data pengamatan. Seluruh nilai slump flow tersebut tetap berada dalam klasifikasi SF3 sesuai standar AFGC (760–850 mm), sehingga penambahan *hyperplasticizer* 1% tetap mampu mempertahankan kelecakan beton pada kategori self-compacting concrete meskipun kadar *GGBFS* ditingkatkan hingga 15%. Hasil ini menunjukkan bahwa hipotesis pertama terkait pengaruh terhadap *workability* tidak sepenuhnya didukung secara statistik, meskipun kecenderungan penurunan nilai tetap teramati.

- Kadar substitusi *GGBFS* dan *hyperplasticizer* yang optimum diperoleh pada kombinasi HC 85% + *GGBFS* 15% + HP 1%, yang menghasilkan kuat tekan sebesar 66,06 MPa, melampaui mutu rencana f'_c 55 MPa, serta memberikan nilai kuat tarik belah tertinggi sebesar 6,649 MPa (meningkat 32,1% dari beton normal) dan kuat lentur tertinggi sebesar 8,44 MPa. Dengan demikian, hipotesis ketiga (H3) mengenai keberadaan kadar substitusi optimum juga terbukti, karena variasi tersebut secara konsisten memberikan kinerja mekanik terbaik di antara seluruh variasi campuran yang diuji.

5.2 Saran

- Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian pada umur 56 dan 90 hari untuk mengetahui perkembangan kekuatan beton jangka panjang yang mengandung *GGBFS*.
- Perlu dilakukan penelitian dengan variasi kadar *GGBFS* dan dosis *hyperplasticizer* yang lebih beragam agar diperoleh komposisi campuran yang lebih optimal.
- Disarankan menambahkan pengujian durabilitas beton, seperti permeabilitas, penyerapan air, atau ketahanan terhadap

lingkungan agresif, untuk melengkapi evaluasi kinerja beton ramah lingkungan.



© 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





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

- 03-2491-2002. (2002). Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 14.
- ACI, K. (2008). *Panduan Memilih Proporsi untuk Beton Kekuatan Tinggi Menggunakan Semen Portland dan Bahan Semen Lainnya*.
- Addin Yalqa Qinthara, A. (2025). Kinerja Beton Dengan Penambahan SERATPOLYPROPYLENE Penggunaan GGBFS Sebagai Substitusi Semen. *Seminar Nasional Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*. <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/snts/article/view/4965>
- Akhlaq, H., Akhlaq, H., T, Peng, T., Ajmal, M. M., Ajmal, M. M., Khan, M. S., Riaz, M., & Riaz, M. (2025). Impact of GGBS on the rheology and mechanical behavior of pumpable concrete. *Frontiers in Built Environment*, 12. https://www.frontiersin.org/journals/materials/articles/10.3389/fmats.2025.1614951/full?utm_source
- Bashdar Omer, Najmadeen Mohammed Saeed, Mahmood Hunar Dheyaaldin, Ahmed Salah Jamal, R. K. (2025). Evaluating the long-term strength of GGBFS-blended cement across various water-to-binder and superplasticizer ratios under heating/cooling cycles. *Plos One*. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0319923>
- Cahyani, R. A. T., & Rusdianto, Y. (2020). Concrete Performance with Ground Granulated Blast Furnace Slag as Supplementary Cementitious Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 771(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/771/1/012062>
- Committee, A. C. I. (n.d.). *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials*.
- Duy-Hai Vo, Vinh-Phuc Doan, M. H. N. & T.-K. N. (2024). Evaluation of the long-term performance of high-performance concrete produced with blended river sand/sea sand and high-volume GGBFS. *Springer Nature Link*, 26, 2393. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-024-01977-9>
- Dwi, B., Kusnadi, P., & Martina, N. (2025). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Substitusi Semen Hidrolik Variasi (40, 45, 50%) DENGAN Microfiber dan



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

Hyperplasticizer.

489–501.

<https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/snts/article/view/4876>

Ervianto, M., Saleh, F., & Prayuda, H. (2016). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (Fly Ash) Dan Zat Adiktif (Bestmittel). *Sinergi*, 20(3), 199. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2016.3.005>

Faqihuddin, A., Hermansyah, & Kurniati, E. (2021). Tinjauan Campuran Beton Tinjauan Campuran Beton Normal Dengan Penggunaan Superplasticizer Sebagai Bahan Pengganti Air Sebesar 0%; 0,3%; 0,5% DAN 0,7% Berdasarkan berat semen. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 2(1), 34–45.

Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2008). *Cara uji slump beton*.

Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2011). *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*.

K. S. Gayathri, S. M. (2025). *Emerging Supplementary Cementitious Materials: A Comprehensive Review of Material Properties, Reactivity and Impact on Concrete Properties*. Springer Nature Link. https://link.springer.com/article/10.1007/s40831-025-01322-w?utm_source

Karolina Rahmi, Syahrizal, M. A. putra. (2021). *Beton mutu tinggi ramah lingkungan optimalisasi slag cement sebagai bahan dasar* (R. Karolina (ed.); Retnani Nu).

Kim, H. S., & Lee, H. S. (2025). Effect of GGBFS Content and Curing Temperature on Early-Age Strength and Maturity-Based Modeling of Concrete. *Materials*, 18(19), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ma18194525>

Kuswaha, R. (2025). *What is Hydraulic Cement: Types, Uses, Advantages, and Properties*. Civil Tutorials. https://civiltutorials.com/what-is-hydraulic-cement/?utm_source

Oktavian, S. (2022). Analisis Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Berbahan Agregat Lokal. *JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 3(1), 200–210. <https://doi.org/10.24127/jumatisi.v3i1.3708>

Putrianti, P. R., & Setiawan, A. A. (2012). KARAKTERISTIK Uji PROPERTIS DAN CAMPURAN BETON NORMAL. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 5, 2–17. <https://jurnal.uns.ac.id/jrrs/about/history>



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

- Raden Bagus Anggietantyo Akiranda. (2025). *STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH GGBFS DAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON*. Construction and Material Journal. <https://doi.org/https://doi.org/10.32722/cmj.v7i2.7749>
- Raghuvanshi, H., & Singh, N. (2024). Fresh and mechanical properties of ground granulated blast furnace slag-based concrete: A review. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785324003353>
- Razak, R. A., Hassan, M. A., Abdullah, M. M. A. B., Yahya, Z., Ariffin, M. A. M., Mansor, A. F. B., & Hao, D. L. C. (2023). The Properties of Ground Granulated Blast Furnace Slag Lightweight Aggregate (GLA) at Various Molar Ratio and Its Application in Concrete. *Archives of Metallurgy and Materials*, 68(3), 991–996. <https://doi.org/10.24425/amm.2023.145465>
- S. Lakshmikanth, M. C. Nataraja, S. (2022). Performance of High-Strength Concrete using Alccofine and GGBFS. *Springer Nature Link*, 103, 567–580. https://link.springer.com/article/10.1007/s40030-022-00635-3?utm_source
- S. Panda, T. Jena, S. Mishra, K. C. P. & C. R. P. (2022). Usage of Ground Granulated Blast Furnace Slag on Mechanical and Absorption Properties of Concrete. *Springer Nature Link*, 55–64. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-05984-1_5
- Samudra, N., Djayaprabha, H. S., & Darapusa, D. (2024). Kajian Eksperimental untuk Mengukur Kinerja Ground Granulated Blast Furnace Slag sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Kekuatan Tekan dan Sorptivitas Self-Compacting Mortar. *JoSC*, 4(1), 1–9. https://journal.unpar.ac.id/index.php/josc/article/view/7805?utm_source
- Shabira, H., Iskandar, D., Kurniawan, S., & Pemrograman, B. (2021). *TINJAUAN CAMPURAN BETON NORMAL DENGAN PENGGUNAAN SUPERPLASTICIZER SEBAGAI BAHAN PENGANTI AIR SEBESAR 0%; 0,3%; 0,5% DAN 0,7% BERDASARKAN BERAT SEMEN*. 1(1), 225–234.
- Shanggita Farolina, & Martina, N. (2025). *KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI SUBTITUSI SEMEN HIDROLIK VARIASI (25%, 30%, 35%) DENGAN MICROFIBER DAN HYPERPLASTICIZER*. 729–741. <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/snts/article/view/4969/3016>



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

- Siddique, R., & Kaur, D. (2012). Properties of concrete containing ground granulated blast furnace slag (GGBFS) at elevated temperatures. *Journal of Advanced Research*, 3(1), 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2011.03.004>
- SNI-03-4431, 2011). (2011). *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan dua titik Pembebanan*. BSN. <https://id.scribd.com/document/348975958/Sni-4431-2011-Kuat-Lentur-Balok-Beton>
- SNI 2493:2011. (2011). SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 23. www.bsn.go.id
- Susilowati, A., Hakim, H., & Akiranda, A. (2025). *STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH GGBFS DAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON*. 7(2). <https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj/article/view/7749/3711>
- Untari, D., Bima Mahardana, Z., & Nursandah, D. F. (n.d.). *Penggunaan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton Pasir Dengan Kandungan Lumpur Tinggi*. 1.
- Venkata, U., Rao, N., Venkata, N., Kumar, S., & Kavitha, C. (2024). *Polycarboxylate Superplasticizers Used in Concrete : A review*. 38, 69–88. [file:///C:/Users/LEGION 5/Downloads/Polycarboxylate-Superplasticizers-Used-in-Concrete-A-review.pdf](file:///C:/Users/LEGION%5D/Downloads/Polycarboxylate-Superplasticizers-Used-in-Concrete-A-review.pdf)
- Ventje Berty Slat, Steve W.M.Supit, N. K. (2021). *PENGARUH SUPERPLASTICIZER POLYMER TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI*. https://jurnal.polines.ac.id/index.php/wahana/article/view/3126?utm_source
- Yudi, A., Aprilia, A. S., & Wildan, 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). <https://journal.widyatama.ac.id/index.php/jitter/article/view/2497>
- Zhang, D., , Zhu, T., Yang, Q., & , Veerle Vandeginste c, J. L. (2024). Influence of ground granulated blast furnace slag on recycled concrete powder-based



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

geopolymer cured at ambient temperature: Rheology, mechanical properties, reaction kinetics and air-void characteristics. *ScienceDirect*, 428.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061824023328?utm_source

