

No. 26/SKRIPSI/S.TR-TKG/2026

SKRIPSI

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL GGBFS UNTUK
PORTLAND COMPOSITE CEMENT DENGAN PENAMBAHAN
*PLASTICIZER 0,8% PADA BETON NORMAL***



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

Disusun Oleh :

Mohammad Rafly Al Ghifari
NIM 2201421031

Pembimbing :

Sukarman, S.Pd., M.Eng.
NIP 199306052020121013

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG
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

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi Berjudul :

**PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL GGBFS UNTUK PORTLAND
COMPOSITE CEMENT DENGAN PENAMBAHAN *PLASTICIZER* 0,8%
PADA BETON NORMAL**

Yang disusun oleh **Mohammad Rafly Al Ghifari (2201421031)** telah disetujui
dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap 2**

Pembimbing 1

Sukarman, S.Pd., M.Eng.
NIP 199306052020121013



Hak Cipta :

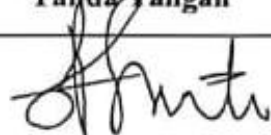
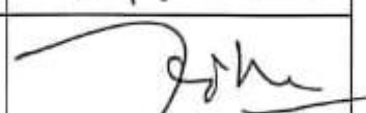
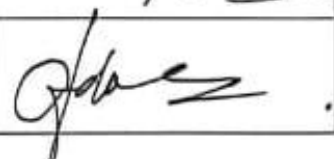
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 PORTLAND
COMPOSITE CEMENT DENGAN PENAMBAHAN *PLASTICIZER* 0,8%
PADA BETON NORMAL**

Yang disusun oleh **Mohammad Rafly Al Ghifari (NIM 2201421031)** telah
dipertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap 2** di depan Tim Penguji pada hari
Selasa tanggal 23 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Eka Sasmita Mulya, S.T., M.Si. NIP 196610021990031001	
Anggota	Andrias Rudi Hermawan, S.T., M.T NIP 196601181990111001	
Anggota	Mitsaq Addina Nisa, S.T., M. Eng NIP 199412262022032010	



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Mohammad Rafly Al Ghifari
NIM : 2101421031
Program Studi : Teknik Konstruksi gedung
Alamat Email : mohammad.rafly.al.ghifari.ts22@mhsw.pnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Substitusi Parsial GGBFS Untuk *Portland Composite Cement* Dengan Penambahan Plasticizer 0,8% Pada Beton Normal

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar-benar hasil karya sendiri, bukan plagiarisme karya orang lain dan belum pernah diikutkan dalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ternyata naskah ini tidak sesuai dengan pernyataan, maka secara otomatis naskah ini dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 23 Juni 2026

Yang menyatakan,

Mohammad Rafly Al Ghifari

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 GGBFS Untuk *Portland Composite Cement* Dengan Penambahan Plasticizer 0,8% Pada Beton Normal". 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 mendapat bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala hormat dan terima kasih yang mendalam, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tersayang atas segala pengorbanan, kerja keras, kasih sayang, doa, serta dukungan tanpa henti yang selalu mengiringi langkah penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Seluruh keluarga dan saudara atas doa, kasih sayang, motivasi, serta dukungan moral maupun materi yang menjadi sumber semangat penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Sukarman, S.Pd., M.Eng. dan Ibu Nunung Martina, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberi ilmu, arahan, serta bimbingan yang berharga selama proses penyusunan skripsi dari awal hingga akhir dengan sabar dan teliti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan dukungan serta fasilitas yang membantu pelaksanaan skripsi ini sehingga berjalan dengan baik.
5. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung atas dukungan, motivasi, dan kebijakan akademik yang mendukung kelancaran studi dan penyusunan skripsi.
6. Bapak I Ketut Sucita, S.Pd, S.S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang sangat berjasa dalam memberikan masukan dan motivasi selama menjalani perkuliahan di Kelas TKG 3 Angkatan 2022.
7. Bapak dan Ibu Dosen yang telah banyak memberi ilmu pengetahuan yang sangat berharga selama masa studi.

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

8. Pak Senditia Dilang R, A.Md, S.T. selaku pemilik PT Devian Chemical Construction yang telah membimbing, memfasilitasi tempat, dan menyediakan material yang sangat dibutuhkan dalam penelitian ini.
9. Pak Kusno Wijayanto selaku Tenaga Kependidikan PLP Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil PNJ atas bantuan dan arahan teknis selama pengujian material serta pelaksanaan praktikum dalam penelitian.
10. Teman-teman kelompok penelitian: Anderson, Raka, Zahran, Daffa, Bayu, Hussein, Naufal, Nila, Adel, Sultan, dan Rayhan.
11. Teman-teman kelas TKG 3 Angkatan 2022 yang selalu memberi dukungan, semangat, dan telah menjadi bagian dari perjalanan penulis hingga saat ini.
12. Semua pihak yang telah membantu hingga tersusunnya proposal skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.





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 ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Beton	5
2.2 Beton Normal	5
2.3 Bahan Penyusun Beton	5
2.3.1 Agregat	5
2.3.2 Portland Composite Cement (PCC).....	6
2.3.3 Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)	7
2.3.4 Air	8



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

2.3.5	<i>Plasticizer</i>	8
2.4	Perencanaan <i>Mix Design</i>	9
2.5	Pengujian Karakteristik Beton	9
2.5.1	Sifat Fisis Beton	9
2.5.2	Sifat Mekanis Beton	10
2.6	Penelitian Terdahulu (<i>State of The Art</i>)	10
2.7	Keterbaruan Penelitian (<i>Novelty</i>)	12
2.8	Hipotesis Penelitian.....	13
BAB III METODOLOGI.....		14
3.1	Lokasi dan Waktu	14
3.2	Bagan Alir Penelitian	15
3.3	Alat Penelitian.....	16
3.3.1	Peralatan Pengujian Material	16
3.3.2	Peralatan Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	17
3.4	Bahan Penelitian.....	18
3.5	Pengujian Material	19
3.5.1	Pengujian Agregat.....	19
3.5.2	Pengadukan Beton.....	24
3.5.3	Pengujian Beton Segar	25
3.5.4	Pengujian Beton Keras	27
3.6	Rancangan Penelitian	30
3.7	Metode Analisis Data	31
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Data Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	32
4.1.1	Agregat Kasar.....	32
4.1.2	Agregat Halus.....	37
4.2	Perencanaan Campuran Beton Normal (<i>Mix Design</i>).....	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

4.2.1	Data Perencanaan Campuran Beton.....	42
4.2.2	Langkah Perhitungan	42
4.3	Data Pengujian Beton Segar	49
4.3.1	Pengujian <i>Slump</i>	49
4.3.2	Pengujian Berat Isi Beton Segar	50
4.4	Data Pengujian Beton Keras	53
4.4.1	Pengujian Kuat Tekan.....	53
4.4.2	Pengujian Kuat Tarik Belah.....	60
4.4.3	Pengujian Kuat Tarik Lentur.....	65
BAB V PENUTUP.....		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN.....		76

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3. 1 Rancangan Penelitian	30
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar ..	32
Tabel 4. 2 Data Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Kasar	33
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Analisa Ayak Agregat Kasar	34
Tabel 4. 4 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	35
Tabel 4. 5 Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	36
Tabel 4. 6 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus ..	37
Tabel 4. 7 Data Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Halus	38
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus	39
Tabel 4. 9 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	40
Tabel 4. 10 Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus	41
Tabel 4. 11 Data Material dan Parameter Perencanaan Campuran Beton	42
Tabel 4. 12 Perhitungan Proporsi Campuran Beton	47
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	49
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Segar	50
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	53
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	55
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	60
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Umur 28 Hari	65

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 GAMBAR

Gambar 2. 1 Spesifikasi Semen PCC	7
Gambar 2. 2 Spesifikasi <i>Plasticizer</i> Devplast 870N	9
Gambar 3. 1 <i>Workshop</i> Teknik Sipil PNJ	14
Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian	15
Gambar 4. 1 Gradasi Agregat Kasar	35
Gambar 4. 2 Grafik Agregat Halus	40
Gambar 4. 3 Standar Deviasi Untuk Mutu Beton ≥ 35 MPa	43
Gambar 4. 4 Tabel Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara ..	44
Gambar 4. 5 Pemilihan Rasio Air Semen dengan Semen PCC	44
Gambar 4. 6 Perkiraan Volume Agregat Kasar	45
Gambar 4. 7 Perkiraan Awal Berat Beton Segar	46
Gambar 4. 8 Grafis Hasil Uji <i>Slump</i> Tanpa <i>Plasticizer</i> 0,8%	49
Gambar 4. 9 Grafis Hasil Uji <i>Slump</i> Dengan <i>Plasticizer</i> 0,8%	49
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Slump Flow (Yudi, 2025)	50
Gambar 4. 11 Grafis Hasil Pengujian Berat Isi Beton Tanpa <i>Plasticizer</i>	51
Gambar 4. 12 Grafis Pengujian Berat Isi Beton Dengan <i>Plasticizer</i>	51
Gambar 4. 13 Grafis Perbandingan Berat Isi	52
Gambar 4. 14 Hasil Pengujian Berat Isi Beton (Susilowati, 2025)	52
Gambar 4. 15 Grafis Kuat Tekan Umur 7 Hari Tanpa <i>Plasticizer</i>	54
Gambar 4. 16 Grafis Kuat Tekan Umur 7 Hari Dengan <i>Plasticizer</i>	54
Gambar 4. 17 Grafis Perbandingan Hasil Kuat Tekan 7 Hari	54
Gambar 4. 18 Hasil Pengujian Kuat Tekan (Susilowati, 2025)	55
Gambar 4. 19 Grafis Kuat Tekan Umur 28 Hari Tanpa <i>Plasticizer</i>	56
Gambar 4. 20 Grafis Kuat Tekan 28 Hari Dengan <i>Plasticizer</i>	57
Gambar 4. 21 Grafis Perbandingan Kuat Tekan 28 Hari	57
Gambar 4. 22 Hasil Pengujian Kuat Tekan oleh Penelitian Yudi (2025)	58
Gambar 4. 23 Perbandingan Kuat Tekan 7 Hari dan 28 Hari	58
Gambar 4. 24 Hasil Analisis SPSS (<i>Coefficients</i>) Uji Kuat Tekan	59
Gambar 4. 25 Hasil Analisis SPSS (<i>Summary</i>) Uji Kuat Tekan	59
Gambar 4. 26 Grafis Kuat Tarik Belah Tanpa <i>Plasticizer</i>	61
Gambar 4. 27 Grafis Kuat Tarik Belah Dengan <i>Plasticizer</i>	61

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

Gambar 4. 28 Grafis Perbandingan Kuat Tarik Belah 28 Hari	62
Gambar 4. 29 Hasil Analisis SPSS (<i>Coefficients</i>) Uji Tarik Belah	64
Gambar 4. 30 Hasil Analisis SPSS (<i>Summary</i>) Uji Tarik Belah	64
Gambar 4. 31 Grafis Kuat Lentur Umur <i>Plasticizer</i>	66
Gambar 4. 32 Grafis Kuat Lentur Dengan <i>Plasticizer</i>	66
Gambar 4. 33 Grafis Perbandingan Kuat Lentur 28 Hari	67
Gambar 4. 34 Hasil Analisis SPSS (<i>Coefficients</i>) Uji Tarik Lentur	69
Gambar 4. 35 Hasil Analisis SPSS (<i>Summary</i>) Uji Tarik Lentur	69





Hak Cipta :

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pengujian Agregat	77
Lampiran 2. Dokumentasi Pengadukan Beton	78
Lampiran 3. Dokumentasi Pengujian Beton	79
Lampiran 4. Formulir SI-3 Pembimbing.....	80
Lampiran 5. Formulir SI-4 Pembimbing.....	81
Lampiran 6. Formulir SI-3 Penguji 1	82
Lampiran 7. Formulir SI-5 Penguji 1	83
Lampiran 8. Formulir SI-3 Penguji 2.....	84
Lampiran 9. Formulir SI-5 Penguji 2	85
Lampiran 10. Formulir SI-3 Penguji 3	86
Lampiran 11. Formulir SI-5 Penguji 3	87

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan beton meningkat seiring pembangunan yang semakin masif. Kebutuhannya yang meningkat berdampak juga pada penggunaan semen yang tinggi sebagai bahan pengikat beton. Proses kalsinasi batu kapur selama produksi klinker menghasilkan emisi karbon dalam jumlah besar sehingga menimbulkan masalah lingkungan (Barbhuiya et al, 2025). Penggunaan *Portland Composite Cement* (PCC) dapat menjadi solusi alternatif untuk mereduksi dampak lingkungan yang dihasilkan selama produksi klinker. Semen PCC mengandung bahan pozzolanik yang mengurangi penggunaan klinker dalam produksinya, sehingga emisi karbon dari produksi klinker dapat direduksi (Yanita, 2023).

Salah satu residu dari industri logam adalah GGBFS dengan potensinya untuk dimanfaatkan sebagai bahan substitusi semen. GGBFS mengandung kalsium amorf, silika, dan alumina, menjadikannya pengikat yang baik dalam pembuatan beton (Akhlaq et al, 2025). Melimpahnya ketersediaan GGBFS di Indonesia berkaitan dengan negara ini sebagai produsen komoditas logam yang menyebabkan tingginya aktivitas industri baja dan menghasilkan residu dalam jumlah besar. Penggunaan GGBFS menurunkan kelecakan beton akibat sifat partikelnya yang lebih kasar dan menyerap air lebih tinggi (Yudi et al., 2025). Penurunan tersebut dapat diatasi dengan penambahan aditif berupa *plasticizer*. Penelitian menunjukkan bahwa *plasticizer* dapat membantu mempertahankan nilai *slump* serta kuat tekan beton (Garzon-Agudelo et al., 2021).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa substitusi GGBFS pada beton mutu tinggi dengan kadar 20% memberikan peningkatan kuat tekan optimal sebesar 12,9% (Susilowati et al., 2025). Penggunaan GGBFS memiliki kekurangannya tersendiri terutama pada beton yang memiliki rasio air semen rendah karena menghadapi tantangan pada fase segar berupa penurunan *workability* sehingga diperlukan penambahan aditif untuk menjaga nilai *slump* (Akhlaq et al., 2025). Penelitian oleh Faqihuddin (2021), menunjukkan bahwa penggunaan dosis yang tepat,

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

seperti 0,7% terbukti mampu menjaga nilai *slump* dan meningkatkan kepadatan beton tanpa memicu segregasi.

Penelitian dilaksanakan untuk mempelajari pengaruh dari substitusi parsial GGBFS untuk Semen PCC dengan variasi 5%, 10%, dan 15% dengan ditambahkannya *plasticizer* dengan kadar 0,8% berat semen terhadap karakteristik beton normal. Harapan penelitian ini dapat memberi informasi mengenai campuran optimum antara substitusi GGBFS dengan penambahan *plasticizer* serta menawarkan alternatif bagi industri konstruksi yang berkelanjutan tanpa mengorbankan performa struktural.

1.2 Rumusan Masalah

Uraian pada latar belakang menjadi dasar dalam penyusunan rumusan masalah penelitian yang disajikan sebagai berikut :

- a. Bagaimana karakteristik beton normal dengan semen *Portland Composite Cement* (PCC) murni sebagai beton kontrol;
- b. Bagaimana karakteristik beton normal dengan semen *Portland Composite Cement* (PCC) yang disubstitusi GGBFS pada variasi persentase 5%, 10%, 15%;
- c. Bagaimana pengaruh semen *Portland Composite Cement* (PCC) yang disubstitusi GGBFS pada persentase 5%, 10%, 15% dengan tambahan *plasticizer* terhadap karakteristik beton normal;
- d. Bagaimana perbandingan nilai karakteristik beton normal berbasis semen PCC antara kondisi tanpa substitusi dan penambahan, dengan substitusi GGBFS tanpa penambahan, serta dengan substitusi GGBFS dan penambahan *plasticizer*.

1.3 Batasan Masalah

Supaya penelitian terfokus dan tidak menyimpang dari konteks, maka pembatasan masalah dilakukan seperti berikut :

- a. Beton didesain dengan mutu beton normal;
- b. *Mix design* merujuk pada Surat Edaran MenPUPR nomor: 07/SE/m/2016;
- c. Semen Merdeka tipe *Portland Composite Cement* (PCC) dari PT Semen Indonesia (Persero) Tbk adalah semen yang digunakan;



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. Material substitusi yang digunakan adalah GGBFS dari CV HNK Cilegon dengan persentase 5%, 10%, dan 15%;
- e. Material tambah yang digunakan adalah *plasticizer* tipe Devplast 870N asal PT Devian Chemical Construction dengan kadar 0,8% dari berat semen;
- f. Kerikil dan pasir yang digunakan dari PT Sagaindo Jaya Abadi Cikarang
- g. Kerikil direncanakan memiliki ukuran maksimal 19 mm;
- h. Silinder beton dengan diameternya 15 cm dan tingginya 30 cm digunakan untuk tes kuat tekan dan kuat tarik belah;
- i. Balok beton berukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm digunakan untuk tes kuat tarik lentur;
- j. Pengujian beton dilaksanakan pada umur 7 dan 28 hari;
- k. Nilai *slump* rencana 75-100 mm;
- l. Penelitian ini tidak uji material semen PCC;
- m. Penelitian ini tidak uji material GGBFS;
- n. Penelitian ini tidak uji emisi karbon.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini menetapkan tujuan berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebagai berikut :

- a. Menganalisis karakteristik beton normal dengan semen *Portland Composite Cement* (PCC) sebagai beton kontrol;
- b. Menganalisis karakteristik beton normal dengan substitusi GGBFS pada variasi persentase 5%, 10%, 15%;
- c. Menganalisis pengaruh substitusi GGBFS pada variasi persentase 5%, 10%, 15% dengan tambahan *plasticizer* terhadap karakteristik beton normal;
- d. Membandingkan nilai karakteristik beton normal berbasis semen PCC antara kondisi tanpa substitusi dan penambahan, dengan substitusi GGBFS tanpa penambahan, serta dengan substitusi GGBFS dan penambahan *plasticizer*.



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

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan alur pembahasan yang runtut dan memudahkan pemahaman terhadap isi penelitian, penyusunan skripsi ini dibagi ke dalam lima bab yang saling berkaitan. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut :

a. **BAB I PENDAHULUAN**

pemaparan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan yang ingin dicapai, serta sistematika penulisan sebagai gambaran umum penyusunan skripsi.

b. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi penyajian landasan teori, penelitian terdahulu, serta konsep yang berkaitan dengan topik sebagai dasar penyusunan hipotesis dan analisis hasil.

c. **BAB III METODOLOGI**

Berisi uraian metode penelitian, meliputi lokasi dan waktu pelaksanaan, material dan peralatan, rancangan penelitian, prosedur pengujian, serta teknik pengumpulan dan analisis data.

d. **BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyampaikan perolehan hasil, analisis, dan pembahasan secara ilmiah. Interpretasi hasil dilakukan mengacu pada teori yang relevan dan membandingkannya dengan penelitian terdahulu.

e. **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil sebagai jawaban atas rumusan masalah, serta saran dan masukan untuk penelitian selanjutnya maupun penerapan di lapangan.

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

Dilihat dari hasil uji dan analisa data yang telah dilakukan terhadap pengaruh substitusi parsial GGBFS untuk semen PCC dengan penambahan *plasticizer* 0,8% pada beton normal, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- a. Beton kontrol menghasilkan slump yang memenuhi target (75-100 mm) yaitu 90 mm, berat isi 2280 kg/m³, kuat tekan 19,106 MPa (7 hari) dan 28,973 MPa (28 hari), kuat tarik belah 2,513 MPa, dan kuat tarik lentur 3,33 MPa. Nominal berat isi ini sudah masuk kategori beton normal menurut SNI 7656 (2021), yaitu 2100–2500 kg/m³. Hasil dari beton kontrol dapat dijadikan patokan untuk dibandingkan dengan variasi campuran lainnya..
- b. Penambahan GGBFS sebanyak 5%, 10%, dan 15% berhasil meningkatkan semua karakter mekanis beton (tekan, tarik belah, dan tarik lentur) dibanding kontrol. *Slump* turun menjadi 85 mm karena partikel GGBFS lebih banyak menyerap air. Berat isi juga sedikit turun di kadar 5% (2174 kg/m³), karena GGBFS lebih ringan dari semen, lalu naik di kadar 10% (2221 kg/m³) dan 15% (2225 kg/m³). Dibanding kontrol, pada umur 28 hari: kuat tekan naik 6,77–11,00%, kuat tarik belah naik 5,65–11,26%, dan kuat tarik lentur naik 4,20–9,31%. Kenaikan ini terjadi karena partikel GGBFS yang halus mengisi rongga-rongga kecil di dalam beton (mengurangi pori) dan bereaksi lebih lanjut membentuk pengikat tambahan, sehingga beton menjadi lebih kuat
- c. Penambahan *plasticizer* 0,8% membuat performa beton semakin meningkat lagi, karena *plasticizer* membuat struktur beton lebih padat dan porositasnya (rongga udara) berkurang. *Slump* turun menjadi 85–80 mm, karena GGBFS mengurangi jumlah air bebas dalam campuran. Dibanding beton kontrol: kuat tekan naik 9,31–14,26%, kuat tarik belah naik 10,15–14,28%, dan kuat tarik lentur naik 8,11–16,22%. Hasil ini juga lebih tinggi dibanding variasi GGBFS tanpa *plasticizer* pada kadar yang sama. Ini terjadi karena *plasticizer* menyebarkan partikel semen dan GGBFS secara lebih merata, sehingga proses pengikatan berjalan lebih baik dan beton menjadi lebih padat.



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

- d. Variasi terbaik didapat pada PCC 85% + GGBFS 15% + plasticizer 0,8%, dengan kuat tekan sebesar 33,104 MPa, kuat tarik belah sebesar 2,872 MPa, dan kuat tarik lentur sebesar 3,87 MPa. Dibanding beton kontrol, ini setara peningkatan 14,26% (tekan), 14,28% (tarik belah), dan 16,22% (tarik lentur). Karena GGBFS terbukti meningkatkan kekuatan beton dan merupakan limbah industri baja, maka GGBFS dapat digunakan sebagai material pengganti sebagian semen yang ramah lingkungan tanpa mengurangi kekuatan beton.

5.2 Saran

Dilihat dari hasil yang dilakukan, terdapat rekomendasi atau masukan untuk studi mendatang ataupun jika diterapkan di lapangan, yaitu.

- a. Penelitian lanjutan disarankan untuk melihat pengaruh penambahan GGBFS di umur beton yang lebih lama seperti 56 hari dan 90 hari karena sifatnya yang pozzolanik
- b. Perlu dilakukan pengujian terhadap durabilitas beton, seperti ketahanan terhadap serangan sulfat, klorida, dan permeabilitas, untuk melengkapi data karakteristik beton dengan substitusi GGBFS yang belum dikaji;
- c. Disarankan menguji material PCC maupun GGBFS secara langsung (uji kimia dan fisik), karena pada penelitian ini kedua material tersebut tidak diuji dan hanya mengacu pada data dari produsen;
- d. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji aspek emisi karbon secara kuantitatif dari penggunaan GGBFS sebagai substitusi semen, sehingga manfaat lingkungan dari penelitian ini dapat dibuktikan secara ilmiah dan terukur;
- e. Bagi industri, kombinasi substitusi GGBFS 15% dengan penambahan plasticizer 0,8% dapat dipertimbangkan sebagai alternatif campuran beton normal yang lebih ramah lingkungan tanpa mengorbankan performa struktural, namun perlu memperhatikan penurunan nilai slump yang terjadi.



DAFTAR PUSTAKA

- Barbhuiya, S., Das, B.B., Adak, D. (2025). Low carbon concrete: advancements, challenges and future directions in sustainable construction. *Discov. Concr. Cem. 1*(3). <https://doi.org/10.1007/s44416-025-00002-y>
- Yanita, R. (2020). Semen PCC Sebagai Material Green Construction Dan Kinerja Beton Yang Dihasilkan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 19 (1), 13-18. <https://researchgate.net/profile/RachmiYanita/publication/344944296>
- Garzon-Agudelo, P. A., Palacios-Alvarado, W., & Medina-Delgado, B. (2021). Impact of plasticizers on the physical and structural properties of concrete used in constructions Impact of plasticizers on the physical and structural properties of concrete used in constructions. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2046/1/012069>
- Sylviana, R. (2015). Pengaruh Bahan Tambahan Plasticizer Terhadap Slump Dan Kuat Tekan Beton. *BENTANG Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. <https://doi.org/10.33558/bentang.v3i2.385>
- Faqihuddin, A. (2021). Tinjauan Campuran Beton Normal dengan Penggunaan Superplasticizer Sebagai Bahan Pengganti Air Sebesar 0%; 0,3%; 0,5% Dan 0,7% Berdasarkan Berat Semen. <https://doi.org/10.37253/JCEP.V2I1.4389>
- Alfidya Wildani, M., Yudi, A., & Sinta Aprilia, A. (2025). Analysis Of The Effect Of Adding Ground Granulate Blast Furnace Slag (Ggbfs) As A Cement Substitution On Compressive Strength And Flowability In Self Compacting Concrete (SCC). *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 11(2). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol11.iss2.2025.2497>
- Amalia, Y., & Soepriyanto, S. (2019). Utilization of slag powder for cement substitution based on the compressive strength and penetration of chloride ions. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 20(2), 58-61. https://www.researchgate.net/publication/337895487_UTILISATION_OF_SLAG_POWDER_FOR_CEMENT_SUBSTITUTION_BASED_ON_THE_COMPRESSIVE_STRENGTH_AND_PENETRATION_OF_CHLORIDE_IONS
- Divsholi, B.S., Lim, T.Y.D. & Teng, S. (2014). Durability Properties and Microstructure of Ground Granulated Blast Furnace Slag Cement Concrete. *Int J Concr Struct Mater* 8, 157–164. <https://doi.org/10.1007/s40069-013-0063-y>

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

- Akhlaq, H., Peng, T., Ajmal, M. M., Khan, M. S., & Riaz, M. (2025). Impact of GGBS on the rheology and mechanical behavior of pumpable concrete. *Frontiers in Materials*. <https://doi.org/10.3389/fmats.2025.1614951>
- Putri, A., & Tobing, A. (2019). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Substitusi Bahan Ramah Lingkungan. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 3(2), 105-109. doi:<https://doi.org/10.52447/jkts.v3i2.1353>
- Erianto, L., Nasution, N., Sani, A. P., Budi, S., Kamal, M. M., & Fitra, H. (2024). Penggunaan Beton Bertulang Sebagai Pembentuk Konstruksi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Dan Arsitektur (Senastesia)*, 1(-), 022. <https://proceedings.unimal.ac.id/senastesia/article/view/368>
- Sharmila, P. Dhinakaran, G.. (2016). Compressive strength, porosity and sorptivity of ultra fine slag based high strength concrete. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.090>
- Slat, V. B., Supit, S. W. M., & Kondo, N. (2021). Pengaruh Superplasticizer Polymer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 26(2), 115. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v26i2.3126>
- Karen L. Scrivener, Vanderley M. John, Ellis M. Gartner. (2018). Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry, *Cement and Concrete Research*, Volume 114, , Pages 2-26, ISSN 0008-8846. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>
- Maria C.G. Juenger, Rafat Siddique. (2015). Recent advances in understanding the role of supplementary cementitious materials in concrete. *Cement and Concrete Research*, Volume 78, Part A, Pages 71-80. ISSN 0008-8846. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.03.018>
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321 <https://www.neliti.com/publications/130866/pengujian-kuat-tarik-lentur-beton-dengan-variasi-kuat-tekan-beton#cite>
- Regga Renata Rizky Pangestu, & Yanuar Setiawan. (2025). PENGARUH SEMEN PORTLAND COMPOSITE CEMENT SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PORTLAND PADA BETON SERAT. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 7(1), 512–525. Retrieved from <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/snts/article/view/4932>



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

Amalia, Martina, M., & Riadi, M.. (2021). *Material Bangunan*.

Susilowati, A., Hakim, H., & Akiranda, A. (2025). STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH GGBFS DAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON. *Construction and Material Journal*, 7(2).

Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. (2016). Pedoman Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal Dengan Semen OPC, PPC Dan PCC. *NOMOR: 07/SE/M/201*.

<https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/946/pedoman-tata-cara-penentuan-campuran-beton-normal-dengan-semen-opc-ppc-dan-pcc.pdf>

American Concrete Institute. (2011). ACI 214R-11 Guide To Evaluation Of Strength Test Results Of Concrete. <https://www.slideshare.net/slideshow/aci-214r11-guide-to-evaluation-of-strength-test-results-of-concrete/259668543>

Achmad, D., & Susilowati, A. (2023). *Pengujian Bahan 1*. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2014). Semen Portland Composite. *SNI-7064-2014*.

Badan Standardisasi Nasional. (2008). Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *SNI 03-1969-2008*.

Badan Standardisasi Nasional. (1996). Metode Pengujian Kadar Lumpur Agregat atau Jumlah Butiran Lolos Saringan 0,075 mm. *SNI 03-4142-1996*.

Badan Standardisasi Nasional. (1990). Cara Uji Kadar Air Agregat. *SNI 03-1971-1990*.

Badan Standardisasi Nasional. (1991). Spesifikasi Berat Jenis Semen Portland. *SNI 15-2531-1991*.

Badan Standardisasi Nasional. (2008). Metode Pengujian Slump Beton. *SNI 03-1972-2008*.

Badan Standardisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Berat Isi Beton Segar dan Kadar Udara. *SNI 03-1973-1990*.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). Metode Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *SNI 03-1974-2011*.

Badan Standardisasi Nasional. (2014). Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton. *SNI 03-2491-2014*.

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