



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

NO. 40/SKRIPSI/S.TR-TKG/2025

SKRIPSI

**PENGARUH PENGGUNAAN *GROUND GRANULATED
BLAST FURNACE SLAG* DENGAN PERENDAMAN KLOORIDA
TERHADAP KINERJA BETON**



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

Nama Pengusul:

Omar Agustiano Nardini

NIM. 2101421031

Nama Pembimbing:

Anni Susilowati, S.T., M.Eng.

NIP. 196506131990032002

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

2025



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 Penggunaan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* Dengan Perendaman Klorida Terhadap Kinerja Beton yang disusun oleh Omar Agustiano Nardini (NIM 2101421031) telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam
Sidang Skripsi Tahap 2



Pembimbing 1

Anni Susilowati, S.T., M.Eng.

NIP. 196506131990032002



Hak Cipta :

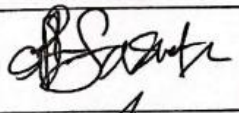
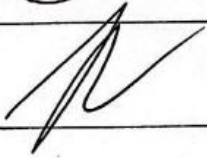
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 PENGESAHAN

Skripsi Berjudul:

Pengaruh Penggunaan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* Dengan Perendaman Klorida Terhadap Kinerja Beton

yang disusun oleh Omar Agustiano Nardini (NIM 2101421031) telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi di depan Tim Penguji pada hari Rabu 25 Juni 2025

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Eka Sasmita Mulya, S.T., M.Si. NIP. 196610021990031001	
Anggota	Nunung Martina, S.T., M.Si. NIP. 196703081990032001	

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

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 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 : Omar Agustiano Nardini

NIM : 2101421031

Program Studi : D4 Teknik Konstruksi Gedung

Alamat Email : omar.agustiano.nardini.ts21@mhs.wpnj.ac.id

Judul Naskah : Pengaruh Penggunaan *Ground Granulated Blast Furnace Slag*
Dengan Perendaman Klorida Terhadap Kinerja Beton.

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2024/2025 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikuti dalam segala bentuk kegiatan akademis.

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Jakarta, 25 Juni 2025

Yang menyatakan,

Omar Agustiano Nardini



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan 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

PENGARUH PENGGUNAAN *GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG* DENGAN PERENDAMAN KLOORIDA TERHADAP KINERJA BETON

Omar Agustiano Nardini¹⁾, Anni Susilowati²⁾

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr.G.A Siwabessy , Kampus Baru UI, Depok, 16425

Email : omar.agustiano.nardini.ts21@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Sebagai negara maritim, penggunaan beton di Indonesia tidak lepas dari bangunan-bangunan di tepi pantai, tengah laut ataupun bangunan air, karena pada daerah ini terdapat banyak zat berbahaya yang dapat menyebabkan kerusakan pada beton seperti klorida. Penelitian ini menganalisis pengaruh penggunaan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) sebagai substitusi sebagian semen terhadap sifat beton segar dan beton keras dengan perendaman klorida terhadap kinerja beton. Variasi GGBFS yang digunakan adalah 0%, 50%, 60%, dan 70% dari berat semen. Larutan Klorida yang digunakan NaCl sebanyak 3.5% dan Admixture Polynex SPN 11 dari PT Nexco Indonesia. Pengujian meliputi *slump*, berat isi, dan waktu ikat awal untuk beton segar, serta kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas untuk beton keras. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan GGBFS 50% menghasilkan kinerja terbaik dengan perendaman klorida. Dari hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan 28 hari dan 56 hari berturut-turut sebesar 24.01 MPa, 17.29 MPa, 17.12 MPa dan 27.01 MPa, 22.12 MPa, 19.44 MPa. Berdasarkan penelitian ini, dapat diketahui bahwa campuran beton dengan substitusi GGBFS dengan perendaman klorida ini mengakibatkan beton mengalami penurunan kekuatan seiring bertambahnya persentase substitusi GGBFS

Kata Kunci: GGBFS, Klorida, Kinerja Beton



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan 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

THE EFFECT OF USING GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG WITH CHLORIDE IMMERSION ON CONCRETE PERFORMANCE

Omar Agustiano Nardini¹, Anni Susilowati²

¹Student of Civil Engineering Department, Jakarta State Polytechnic

²Lecturer of Civil Engineering Department, Jakarta State Polytechnic

Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy, University of Indonesia Campus, Depok, Indonesia, 16425

Email : omar.agustiano.nardini.ts21@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

As a maritime country, the use of concrete in Indonesia is often applied to buildings located on the coast, in the sea, or water structures, where there are many harmful substances that can cause damage to concrete, such as chloride. This study analyzes the effect of using Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) as a partial substitution of cement on the properties of fresh and hardened concrete with chloride immersion on concrete performance. The GGBFS variations used are 0%, 50%, 60%, and 70% of cement weight. The chloride solution used is 3.5% NaCl and the Admixture Polynex SPN 11 from PT Nexco Indonesia. The tests include slump, unit weight, and initial setting time for fresh concrete, as well as compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength, and modulus of elasticity for hardened concrete. The results show that the use of 50% GGBFS produces the best performance with chloride immersion. The results obtained show that the compressive strength at 28 days and 56 days are 24.01 MPa, 17.29 MPa, 17.12 MPa, and 27.01 MPa, 22.12 MPa, 19.44 MPa, respectively. Based on this study, it can be concluded that the concrete mixture with GGBFS substitution and chloride immersion results in a decrease in strength as the percentage of GGBFS substitution increases.

Keywords: GGBFS, Chloride, Concrete Performance



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 syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Grand Granulated Blast Furnace Slag* Dengan Perendaman Klorida Terhadap Kinerja Beton”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi D4 Teknik Konstruksi Gedung di Politeknik Negeri Jakarta.

Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan membimbing penulis selama menjalani magang industri ini, khususnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu menjadi semangat dan inspirasi bagi penulis. bentuk pengorbanan, dukungan, dan doanya menjadi motivasi terdepan penulis untuk menyelesaikan penyusunan laporan akhir ini.
2. Ibu Anni Susilowati, S.T., M.Eng. dan Bapak Anggietyanto selaku pembimbing yang selalu membantu membimbing, mengarahkan, dan memberi dukungan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai syarat kelulusan.
3. Seluruh karyawan dan staff PT. Nexco Indonesia, yang sudah memberi kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian dan membantu segala kebutuhan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
4. Chintya Amalia Putri, Ibanes Jean Gayatri Achmad, Haudiah Hakim, Muhammad Ihsan dan Fathia Andini yang selalu mendukung dan membantu penulis di laboratorium selama berjalannya penelitian skripsi ini.
5. Teman-teman 4TKG3 yang telah membantu kehidupan perkuliahan penulis sampai saat ini dan selalu menyemangati penulis hingga akhir.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi penyempurnaan laporan ini di masa yang akan datang.

Jakarta, 25 Juni 2025

Omar Agustiano Nardini



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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.2 Bahan Penyusun Beton	5
2.2.1. Semen Portland	5
2.2.2. Agregat Kasar	6
2.2.3 Agregat Halus	7
2.2.4 Air	8
2.2.5 Bahan Tambah (<i>Admixture</i>)	9
2.3 Sifat – Sifat Beton Segar	9
2.3.1 Pengujian <i>Slump</i> Beton	9
2.3.2 Pengujian Bobot Isi Beton	9
2.3.3 Pengujian Waktu Ikut Beton	10
2.4 Sifat – Sifat Beton Keras	10
2.4.1 Kuat Tekan Beton (<i>Compressive Strength</i>)	10
2.4.2 Kuat Tarik Beton (<i>Tensile Strength</i>)	10
2.4.3 Modulus Elastisitas (<i>Modulus of Elasticity</i>)	11
2.5 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS)	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6 Klorida.....	13
2.7 Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	13
2.8 Penelitian Terdahulu (<i>State Of The Art</i>)	14
2.8 Ketebaran (<i>Novelty</i>).....	16
2.9 Analisa Data	16
2.10 Hipotesis.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Rancangan Penelitian	19
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	20
3.3 Bahan Penelitian.....	20
3.4 Alat Penelitian	21
3.4.1 Alat Pada Pengujian Bahan.....	21
3.4.2 Alat Pengujian Beton	23
3.4.2 Perlengkapan K3.....	24
3.5 Objek Penelitian	24
3.6 Pengujian Material	29
3.6.1 Persiapan Penelitian.....	29
3.6.2 Pengujian Agregat Kasar	29
3.6.3 Pengujian Agregat Halus	36
3.6.4 Pengujian Berat Jenis GGBFS (<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>).....	44
3.7 Pengujian Beton Segar	45
3.7.1 Pengujian <i>Slump</i>	45
3.7.2 Pengujian Bobot Isi Beton Segar.....	46
3.7.3 Pengujian Waktu Ikut Awal Beton Segar.....	47
3.8 Pengujian Beton Keras	48
3.8.1 Pengujian Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	48
3.8.2 Pengujian Kuat Tarik Belah (<i>Splitting Strength</i>)	49
3.8.3 Pengujian Kuat Tarik Lentur (<i>Flexural Strength</i>).....	50
3.8.4 Pengujian Modulus Elastisitas	51
3.9 Metode Analisis Data	53
3.10 Luaran.....	53
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Data Pengujian Bahan Penyusun Beton	54
4.1.1 Data Agregat Kasar.....	54
4.1.2 Data Agregat Halus	60



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

4.2 Data Rancangan Campuran (<i>Mix Design</i>).....	66
4.2.1 Rancangan Campuran 1 m ³ Beton Normal.....	66
4.2.2 Kebutuhan Benda Uji.....	71
4.3 Data Pengujian Beton Segar.....	72
4.3.1 Data Pengujian <i>Slump Test</i>	72
4.3.2 Data Pengujian Berat Isi Beton.....	73
4.3.3 Data Pengujian Waktu Ikut Beton.....	77
4.4 Data Pengujian Beton Keras.....	82
4.4.1 Data dan Pembahasan Kuat Tekan.....	82
4.4.2 Data dan Pembahasan Kuat Tarik Belah.....	106
4.4.3 Data dan Pembahasan Kuat Lentur.....	123
4.4.4 Data dan Pembahasan Modulus Elastisitas.....	140
4.4.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian.....	187
BAB V PENUTUP.....	190
5.2 Kesimpulan.....	190
5.2 Saran.....	191
DAFTAR PUSTAKA.....	193
DAFTAR LAMPIRAN.....	198
Lampiran 1 Dokumentasi Alat Bahan.....	198
Lampiran 2 Pembuatan dan Pengujian Beton.....	201
Lampiran 3 Brosure Admixture.....	203
Lampiran 4 Data GGBFS.....	205
Lampiran 5 Pernyataan Calon Pembimbing.....	206
Lampiran 6 Lembar Pengesahan.....	207
Lampiran 7 Lembar Asistensi Pembimbing.....	208
Lampiran 8 Asistensi Penguji.....	210
Lampiran 9 Persetujuan Pembimbing.....	212
Lampiran 10 Persetujuan Penguji.....	213
Lampiran 11 Lembar Bebas Pinjaman Dan Urusan Administrasi.....	215
Lampiran 12 Bukti Penyerahan Laporan Magang Industri.....	216



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat Gradasi Agregat Kasar Menurut ASTM C 33	6
Tabel 2. 2 Syarat Gradasi Agregat Kasar Menurut BS 882:1992	6
Tabel 2. 3 Berat Benda uji Minimum Untuk Tiap Ukuran Nominal.....	7
Tabel 2. 4 Syarat Gradasi Agregat Halus SNI 03-2843-200 & ASTM C 33	7
Tabel 2. 5 Komposisi Senyawa Kimia OPC & GGBFS	12
Tabel 2. 6 Sifat Fisik Ground Granulated Blast Furnace Slag	12
Tabel 3. 1 Jadwal Waktu Penelitian.....	20
Tabel 3. 2 Variasi dan Jumlah Benda Uji Dengan Perendaman Air Biasa	24
Tabel 3. 3 Variasi dan Jumlah Benda Uji Dengan Perendaman Klorida.....	25
Tabel 3. 4 Massa Minimum Benda Uji Agregat Kasar Berdasarkan	34
Tabel 3. 5 Ukuran Butir Maksimum Agregat Kasar Sesuai	35
Tabel 3. 6 Massa Minimum Benda Uji Agregat Halus Berdasarkan	41
Tabel 3. 7 Ukuran Butir Maksimum Agregat Halus Sesuai	43
Tabel 4.1 Data dan Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	54
Tabel 4.2 Data Pengujian Berat Isi dan Rongga Agregat Kasar	56
Tabel 4.3 Data Pengujian Analisis Ayak Agregat Kasar	57
Tabel 4. 4 Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	59
Tabel 4. 5 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	60
Tabel 4. 6 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	61
Tabel 4. 7 Data Pengujian Berat Isi dan Rongga Agregat Halus	62
Tabel 4. 8 Data Pengujian Analisis Ayak Agregat Halus	63
Tabel 4. 9 Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus	65
Tabel 4. 10 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	66
Tabel 4. 11 Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara Untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah.....	67
Tabel 4. 12 Hubungan antara rasio air semen (w/c) atau rasio air bahan bersifat semen (w/(c + p)) dan kekuatan beton.	68
Tabel 4. 13 Volume agregat kasar per satuan volume beton.....	68
Tabel 4. 14 Perkiraan awal berat beton segar.....	69
Tabel 4. 15 Kebutuhan bahan tiap variasi	72
Tabel 4. 16 Data <i>Slump Test</i>	72
Tabel 4. 17 Data Pengujian Berat Isi Beton Segar	73
Tabel 4. 18 <i>Model Summary</i> Berat Isi Beton Segar	75
Tabel 4. 19 <i>ANNOVA</i> Berat Isi Beton Segar	75
Tabel 4. 20 <i>Coefficients</i> Berat Isi Beton Segar	75
Tabel 4. 21 Data Pengujian Waktu Ikut Awal Beton Segar GGBFS 0%.....	77
Tabel 4. 22 Data Pengujian Waktu Ikut Awal Beton Segar GGBFS 50%.....	78
Tabel 4. 23 Data Pengujian Waktu Ikut Awal Beton Segar GGBFS 60%.....	79
Tabel 4. 24 Data Pengujian Waktu Ikut Awal Beton Segar GGBFS 70%.....	80
Tabel 4. 25 Data Pengujian Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa.....	82
Tabel 4. 26 Data Pengujian Kuat Tekan 7 Hari Klorida.....	83
Tabel 4. 27 <i>Model Summary</i> Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa	85

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

Tabel 4. 28 <i>ANNOVA</i> Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa	85
Tabel 4. 29 <i>Coefficients</i> Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa	86
Tabel 4. 30 Model Summary Kuat Tekan 7 Hari Larutan Klorida.....	87
Tabel 4. 31 <i>ANNOVA</i> Kuat Tekan 7 Hari Larutan Klorida.....	87
Tabel 4. 32 <i>Coefficients</i> Kuat Tekan 7 Hari Larutan Klorida.....	88
Tabel 4. 33 <i>Group Statistics</i> Kuat Tekan 7 Hari.....	89
Tabel 4. 34 <i>Independent Sample Test</i> Kuat Tekan 7 Hari.....	89
Tabel 4. 35 Data Pengujian Kuat Tekan 28 Hari Air Biasa.....	90
Tabel 4. 36 Data Pengujian Kuat Tekan 28 Hari Klorida.....	91
Tabel 4. 37 <i>Model Summary</i> Kuat Tekan 28 Hari Air Biasa	93
Tabel 4. 38 <i>ANNOVA</i> Kuat Tekan 28 Hari Air Biasa	93
Tabel 4. 39 <i>Coefficients</i> Kuat Tekan 28 Hari	94
Tabel 4. 40 <i>Model Summary</i> Kuat Tekan 28 Hari Larutan Klorida	95
Tabel 4. 41 <i>ANNOVA</i> Kuat Tekan 28 Hari Larutan Klorida	95
Tabel 4. 42 <i>Coefficients</i> Kuat Tekan 28 Hari	95
Tabel 4. 43 <i>Group Statistics</i> Kuat Tekan 28 Hari.....	97
Tabel 4. 44 <i>Independent Sample Test</i> Kuat Tekan 28 Hari.....	97
Tabel 4. 45 Data Pengujian Kuat Tekan 56 Hari Air Biasa.....	98
Tabel 4. 46 Data Pengujian Kuat Tekan 56 Hari Klorida.....	99
Tabel 4. 47 <i>Model Summary</i> Kuat Tekan 56 Hari Air Biasa	100
Tabel 4. 48 <i>ANNOVA</i> Kuat Tekan 56 Hari Air Biasa	100
Tabel 4. 49 <i>Coefficient</i> Kuat Tekan 56 Hari Air Biasa.....	101
Tabel 4. 50 <i>Model Summary</i> Kuat Tekan 56 Hari Klorida.....	102
Tabel 4. 51 <i>ANNOVA</i> Kuat Tekan 56 Hari Larutan Klorida	102
Tabel 4. 52 <i>Coefficient</i> Kuat Tekan 56 Hari Larutan Klorida.....	102
Tabel 4. 53 <i>Group Statistics</i> Kuat Tekan 56 Hari.....	104
Tabel 4. 54 <i>Independent Sample Test</i> Kuat Tekan 56 Hari.....	104
Tabel 4. 55 Data Pengujian Kuat Tarik Belah 28 Hari Air Biasa.....	106
Tabel 4. 56 Data Pengujian Kuat Tarik Belah 28 Hari Klorida.....	108
Tabel 4. 57 <i>Model Summary</i> Kuat Tarik Belah 28 Hari Air Biasa	109
Tabel 4. 58 <i>ANNOVA</i> Kuat tarik belah 28 Hari Air Biasa.....	110
Tabel 4. 59 <i>Coefficients</i> Kuat Tarik Belah 28 Hari Air Biasa	110
Tabel 4. 60 <i>Model Summary</i> Kuat Tarik Belah 28 Hari Larutan Klorida	111
Tabel 4. 61 <i>ANNOVA</i> Kuat tarik belah 28 Hari Larutan Klorida	112
Tabel 4. 62 <i>Coefficients</i> Kuat Tarik Belah 28 Hari Larutan Klorida.....	112
Tabel 4. 63 <i>Group Statistics</i> Kuat Tarik Belah 28 Hari.....	113
Tabel 4. 64 <i>Independent Sample Test</i> Kuat Tarik Belah 28 Hari.....	113
Tabel 4. 65 Data Pengujian Kuat Tarik Belah 56 Hari Air Biasa.....	114
Tabel 4. 66 Data Pengujian Kuat Tarik Belah 56 Hari Larutan Klorida	116
Tabel 4. 67 <i>Model Summary</i> Kuat Tarik Belah 56 Hari Air Biasa	117
Tabel 4. 68 <i>ANNOVA</i> Kuat Tarik Belah 56 Hari Air Biasa	118
Tabel 4. 69 <i>Coefficient</i> Kuat Tarik Belah 56 Hari Air Biasa.....	118
Tabel 4. 70 <i>Model Summary</i> Kuat Tarik Belah 56 Hari Larutan Klorida	119
Tabel 4. 71 <i>ANNOVA</i> Kuat Tarik Belah 56 Hari Larutan Klorida	120



© 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, penerbitan karya ilmiah, penerbitan laporan, penerbitan 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. 72 <i>Coefficients</i> Kuat Tarik Belah 56 Hari Larutan Klorida.....	120
Tabel 4. 73 <i>Group Statistics</i> Kuat Tarik Belah 56 Hari.....	121
Tabel 4. 74 <i>Independent Sample Test</i> Kuat Tarik Belah 56 Hari.....	121
Tabel 4. 75 Data Pengujian Kuat Lentur 28 Hari Air Biasa.....	123
Tabel 4. 76 Data Pengujian Kuat Lentur 28 Hari Klorida.....	125
Tabel 4. 77 <i>Model Summary</i> Kuat Tarik Lentur 28 Hari Air Biasa.....	126
Tabel 4. 78 <i>ANNOVA</i> Kuat tarik lentur 28 Hari Air Biasa	127
Tabel 4. 79 <i>Coefficients</i> Kuat Tarik Lentur 28 Hari Air Biasa	127
Tabel 4. 80 <i>Model Summary</i> Kuat Tarik Lentur 28 Hari Larutan Klorida	128
Tabel 4. 81 <i>ANNOVA</i> Kuat tarik lentur 28 Hari Larutan Klorida	129
Tabel 4. 82 <i>Coefficients</i> Kuat Tarik Lentur 28 Hari Larutan Klorida	129
Tabel 4. 83 <i>Group Statistics</i> Kuat Tarik Lentur 28 Hari	130
Tabel 4. 84 <i>Independent Sample Test</i> Kuat Tarik Lentur 28 Hari	130
Tabel 4. 85 Data Pengujian Kuat Lentur 56 Hari Air Biasa.....	131
Tabel 4. 86 Data Pengujian Kuat Lentur 56 Hari Larutan Klorida	133
Tabel 4. 87 <i>Model Summary</i> Kuat Tarik Lentur 56 Hari Air Biasa.....	134
Tabel 4. 88 <i>ANNOVA</i> Kuat Tarik Lentur 56 Hari Air Biasa.....	135
Tabel 4. 89 <i>Coefficient</i> Kuat Tarik Lentur 56 Hari Air Biasa	135
Tabel 4. 90 <i>Model Summary</i> Kuat Tarik Lentur 56 Hari Larutan Klorida	136
Tabel 4. 91 <i>ANNOVA</i> Kuat Tarik Lentur 56 Hari Larutan Klorida	137
Tabel 4. 92 <i>Coefficients</i> Kuat Tarik Lentur 56 Hari Larutan Klorida	137
Tabel 4. 93 <i>Group Statistics</i> Kuat Tarik Lentur 56 Hari	138
Tabel 4. 94 <i>Independent Sample Test</i> Kuat Tarik Lentur 28 Hari	138
Tabel 4. 95 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Air Biasa.....	140
Tabel 4. 96 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Air Biasa.....	141
Tabel 4. 97 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Air Biasa....	142
Tabel 4. 98 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Air Biasa.....	143
Tabel 4. 99 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 60% GGBFS Air Biasa....	144
Tabel 4. 100 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 60% GGBFS Air Biasa.....	145
Tabel 4. 101 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS Air Biasa..	146
Tabel 4. 102 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS Air Biasa.....	147
Tabel 4. 103 Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas Rendaman Air Biasa	148
Tabel 4. 104 <i>Model Summary</i> Modulus Elastisitas 28 Hari Air Biasa	149
Tabel 4. 105 <i>Annova</i> Modulus Elastisitas 28 Hari Air Biasa	150
Tabel 4. 106 <i>Coefficients</i> Modulus Elastisitas 28 Hari Air Biasa	150
Tabel 4. 107 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Larutan Klorida.....	151
Tabel 4. 108 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Larutan Klorida	152



© 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

Tabel 4. 109 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Larutan Klorida.....	153
Tabel 4. 110 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Larutan Klorida	154
Tabel 4. 111 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 60% GGBFS Larutan Klorida.....	155
Tabel 4. 112 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 60% GGBFS Larutan Klorida	156
Tabel 4. 113 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS Larutan Klorida.....	157
Tabel 4. 114 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS Larutan Klorida	158
Tabel 4. 115 Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas Rendaman Larutan Klorida...	158
Tabel 4. 116 <i>Model Summary</i> Modulus Elastisitas 28 Hari Rendaman Klorida.....	160
Tabel 4. 117 <i>Annova</i> Modulus Elastisitas 28 Hari Rendaman Klorida.....	161
Tabel 4. 118 <i>Coefficients</i> Modulus Elastisitas 28 Hari Rendaman Klorida	161
Tabel 4. 119 <i>Group Statistics</i> Modulus Elastisitas 28 Hari.....	162
Tabel 4. 120 <i>Independent Sample Test</i> Modulus Elastisitas 28 Hari.....	163
Tabel 4. 121 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Air Biasa....	163
Tabel 4. 122 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Air Biasa.....	165
Tabel 4. 123 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Air Biasa..	165
Tabel 4. 124 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50%.....	166
Tabel 4. 125 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 60% GGBFS Air Biasa..	167
Tabel 4. 126 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 60%.....	168
Tabel 4. 127 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS Air Biasa..	169
Tabel 4. 128 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70%.....	170
Tabel 4. 129 Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas Rendaman Air Biasa	171
Tabel 4. 130 <i>Model Summary</i> Modulus Elastisitas 56 Hari Air Biasa	172
Tabel 4. 131 ANNOVA Modulus Elastisitas 56 Hari Air Biasa	173
Tabel 4. 132 <i>Coefficient</i> Modulus Elastisitas 56 Hari Air Biasa.....	173
Tabel 4. 133 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Larutan Klorida.....	174
Tabel 4. 134 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS.....	175
Tabel 4. 135 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Larutan Klorida.....	176
Tabel 4. 136 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS....	177
Tabel 4. 137 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 60% GGBFS Larutan Klorida.....	178
Tabel 4. 138 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 60% GGBFS....	179
Tabel 4. 139 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS Larutan Klorida.....	180
Tabel 4. 140 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS....	181
Tabel 4. 141 Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas Rendaman Larutan Klorida...	182



© 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

Tabel 4. 142 <i>Model Summary</i> Modulus Elastisitas 56 Hari Larutan Klorida	183
Tabel 4. 143 <i>ANNOVA</i> Modulus Elastisitas 56 Hari Larutan Klorida	184
Tabel 4. 144 <i>Coefficients</i> Modulus Elastisitas 56 Hari Larutan Klorida.....	184
Tabel 4. 145 <i>Group Statistic</i> Modulus Elastisitas 56 Hari	185
Tabel 4. 146 <i>Independen Sample Test</i> Modulus Elastisitas 56 Hari.....	185
Tabel 4. 147 Rekapitulasi Hasil Pengujian	187



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 Mikrostruktur GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag).....	12
Gambar 2. 2 Skema Pengujian Kuat Tarik Lentur	51
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum 10 mm	33
Gambar 3. 3 Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm	33
Gambar 3. 4 Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum 40 mm	33
Gambar 3. 5 Gradasi Agregat Halus Zona 1 (Kasar)	40
Gambar 3. 6 Gradasi Agregat Halus Zona 2 (Sedang).....	40
Gambar 3. 7 Gradasi Agregat Halus Zona 3 (Agak Halus).....	41
Gambar 3. 8 Gradasi Agregat Halus Zona 4 (Halus)	41
Gambar 3. 9 Skema Pengujian Slump.....	45
Gambar 3. 10 Skema Pengujian Bobot Isi Beton Segar.....	47
Gambar 3. 11 Skema Pengujian Waktu Ikut Awal Beton Segar	48
Gambar 3. 12 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder	49
Gambar 3. 13 Skema Pengujian Kuat Tarik Belah.....	50
Gambar 3. 14 Skema Pengujian Modulus Elastisitas.....	53
Gambar 4. 1 Gradasi Agregat Kasar (Split)	58
Gambar 4. 2 Grafik Zona Agregat Halus (Pasir Jalumpang)	64
Gambar 4. 3 Grafik Slump Test	72
Gambar 4. 4 Berat Isi Beton Segar.....	74
Gambar 4. 5 Grafik Waktu Ikut Awal Beton Segar GGBFS 0%	77
Gambar 4. 6 Grafik Waktu Ikut Awal Beton Segar GGBFS 50%.....	78
Gambar 4. 7 Grafik Waktu Ikut Awal Beton Segar GGBFS 60%.....	79
Gambar 4. 8 Grafik Waktu Ikut Awal Beton Segar GGBFS 70%.....	80
Gambar 4. 9 Rekapitulasi Waktu Ikut Beton.....	81
Gambar 4. 10 Data Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa.....	83
Gambar 4. 11 Data Rata – Rata Kuat Tekan 7 Hari Klorida	84
Gambar 4. 12 Perbandingan Rata – Rata Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa dan Larutan Klorida.....	85
Gambar 4. 13 Data Rata – Rata Kuat Tekan 28 Hari Air Biasa	91
Gambar 4. 14 Data Rata – Rata Kuat Tekan 28 Hari Klorida.....	92
Gambar 4. 15 Perbandingan Rata – Rata Kuat Tekan 28 Hari Air Biasa dan Larutan Klorida.....	93
Gambar 4. 16 Data Rata – Rata Kuat Tekan 56 Hari Air Biasa	98
Gambar 4. 17 Data Rata – Rata Kuat Tekan 56 Hari Klorida.....	100
Gambar 4. 18 Rekapitulasi Kuat Tekan Rata - Rata Umur 7, 28, dan 56 Hari (Air Biasa & Larutan Klorida).....	105
Gambar 4. 19 Data Rata – Rata Kuat Tarik Belah 28 Hari Air Biasa	107
Gambar 4. 20 Perbandingan Rata – Rata Nilai Kuat Tarik Belah Air Biasa dengan Nilai Teoritis.....	107
Gambar 4. 21 Data Kuat Tarik Belah 28 Hari Klorida.....	108
Gambar 4. 22 Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah Klorida dengan Nilai Teoritis	109



Hak Cipta :

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

Gambar 4. 23 Data Rata - Rata Kuat Tarik Belah 56 Hari Air Biasa.....	115
Gambar 4. 24 Perbandingan Rata – Rata Nilai Kuat Tarik Belah Air Biasa dengan Nilai Teoritis.....	115
Gambar 4. 25 Data Rata - Rata Kuat Tarik Belah 56 Hari Larutan Klorida	116
Gambar 4. 26 Perbandingan Rata – Rata Nilai Kuat Tarik Belah Larutan Klorida dengan Nilai Teoritis	117
Gambar 4. 27 Rekapitulasi Kuat Tarik Belah Rata - Rata Umur 7, 28, dan 56 Hari (Air Biasa & Larutan Klorida)	122
Gambar 4. 28 Data Kuat Tarik Lentur 28 Hari Air Biasa	124
Gambar 4. 29 Perbandingan Nilai Kuat Lentur 28 Hari Air Biasa dengan Nilai Teoritis.....	124
Gambar 4. 30 Data Kuat Tarik Lentur 28 Hari Klorida	125
Gambar 4. 31 Perbandingan Nilai Kuat Lentur 28 Hari Klorida dengan Nilai Teoritis	126
Gambar 4. 32 Data Kuat Tarik Lentur 56 Hari Air Biasa	132
Gambar 4. 33 Perbandingan Nilai Kuat Tarik Lentur (Air Biasa) Dengan Nilai Teoritis.....	132
Gambar 4. 34 Data Kuat Tarik Lentur 56 Hari Air Larutan Klorida.....	133
Gambar 4. 35 Perbandingan Nilai Kuat Tarik Lentur (Larutan Klorida) Dengan Nilai Teoritis.....	134
Gambar 4. 36 Rekapitulasi Rata - Rata Kuat Lentur Air Biasa dan Larutan Klorida	139
Gambar 4. 37 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 0% GGBFS Air Biasa	141
Gambar 4. 38 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 50% GGBFS Air Biasa	143
Gambar 4. 39 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 60% GGBFS Air Biasa	145
Gambar 4. 40 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 70% GGBFS Air Biasa	147
Gambar 4. 41 Data Modulus Elastisitas Rendaman Air Biasa.....	148
Gambar 4. 42 Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas dengan Nilai Teoritis Rendaman Air Biasa.....	149
Gambar 4. 43 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 0% GGBFS Larutan Klorida.....	152
Gambar 4. 44 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 50% GGBFS Larutan Klorida.....	154
Gambar 4. 45 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 60% GGBFS Larutan Klorida.....	156
Gambar 4. 46 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 70% GGBFS Larutan Klorida.....	157
Gambar 4. 47 Data Modulus Elastisitas Rendaman Larutan Klorida	159
Gambar 4. 48 Perbandingan Rata – Rata Nilai Modulus Elastisitas dengan Nilai Teoritis Rendaman Larutan Klorida	160
Gambar 4. 49 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 0% GGBFS Air Biasa	164
Gambar 4. 50 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 50% GGBFS Air Biasa	166
Gambar 4. 51 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 60% GGBFS Air Biasa	168
Gambar 4. 52 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 70% GGBFS Air Biasa	170
Gambar 4. 53 Data Modulus Elastisitas Rendaman Air Biasa.....	171
Gambar 4. 54 Perbandingan Rata - Rata Nilai Modulus Elastisitas Rendaman Air Biasa Dengan Nilai Teoritis	172
Gambar 4. 55 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 0% GGBFS Larutan Klorida.....	175



Gambar 4. 56 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 50% GGBFS Larutan Klorida.....	177
Gambar 4. 57 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 60% GGBFS Larutan Klorida.....	179
Gambar 4. 58 Grafik Hubungan P - ΔL Variasi 70% GGBFS Larutan Klorida.....	181
Gambar 4. 59 Data Modulus Elastisitas Aktual Rendaman Larutan Klorida	182
Gambar 4. 60 Perbandingan Rata - Rata Nilai Modulus Elastisitas Rendaman Larutan Klorida Dengan Nilai Teoritis.....	183
Gambar 4. 61 Rekapitulasi Rata - Rata Modulus Elastisitas Air Biasa dan Larutan Klorida.....	186



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

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur menjadi aspek penting dalam mempercepat laju pembangunan nasional di Indonesia. Dengan luas perairan sebesar 2/3 dari luas daratan dan panjang garis pantai Indonesia sebesar 81.000 km dengan 17.504 pulau (Prayogo, 2021). Sebagai negara maritim, penggunaan beton di Indonesia tidak lepas dari bangunan-bangunan di tepi pantai, tengah laut ataupun bangunan air. Beton yang digunakan dituntut memiliki sifat yang kuat dalam menahan beban dan harus memiliki durabilitas tinggi agar beton tidak cepat rusak dan dapat bekerja sebagai struktur untuk jangka waktu lama (Doni Irawan, 2023).

Hal ini perlu diperhatikan karena pada daerah ini terdapat banyak zat berbahaya yang dapat menyebabkan kerusakan pada beton seperti klorida. Dalam aspek durabilitas, klorida telah menjadi salah satu perhatian utama. Oleh karena itu, beton dituntut untuk memiliki durabilitas yang baik untuk mencegah kerusakan akibat klorida (Wibowo et al., 2024).

Peningkatan kinerja beton terhadap klorida dapat ditempuh dengan tiga cara: densifikasi struktur pori yang dapat mereduksi ion klorida, pengurangan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (kalsium hidroksida) dalam beton dengan memanfaatkan reaksi *pozzolanic*, meminimalkan kadar C_3A dengan cara mengganti sebagian semen dengan *supplementary cementitious materials* seperti *silica fume*, *fly ash* dan GGBFS (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*).

GGBFS (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*) merupakan produk sampingan dari pembuatan besi dan baja yang memiliki sifat *cementitious* layaknya semen berfungsi sebagai bahan perekat agregat (Pio Ranap Tua Naibaho, 2021). Berdasarkan komposisi kimia yang dimiliki oleh GGBFS dapat mendukung terjadinya reaksi *pozzolanic* antara SiO_2 atau Al_2O_3 dengan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) yang terbentuk pada proses hidrasi semen (Samudra et al., 2024). Tetapi, hasil hidrasi slag lebih bersifat gel dibandingkan terhadap hasil hidrasi semen, sehingga meningkatkan kepadatan pasta terhadap serangan kimia. Hasil penelitian (Fatwa Fahlevi Alzaqi, 2021), menyebutkan bahwa nilai kuat tekan penggunaan GGBFS dengan perendaman klorida lebih tinggi dibandingkan dengan perendaman air biasa. Penelitian (Tanijaya & Tonapa, 2020) menyatakan campuran beton dengan substitusi *bottom ash* dengan



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

perendaman NaCl menyebabkan penurunan kekuatan beton seiring dengan meningkatnya persentase substitusi *bottom ash*.

Berdasarkan latar belakang tersebut sangat penting untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Grand Granulated Blast Furnace Slag* sebagai substitusi sebagian semen dan Penggunaan larutan klorida sebagai media perendaman beton bertujuan untuk menganalisis kinerja beton sekaligus mensimulasikan kondisi lingkungan yang agresif. Variasi *Grand Granulated Blast Furnace Slag* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 50%, 60%, dan 70% serta menggunakan larutan NaCl sebesar 3,5% .

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana sifat beton segar dengan menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen.
2. Bagaimana sifat beton keras dengan menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen dengan perendaman klorida.
3. Bagaimana pengaruh penggunaan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen pada sifat beton keras dengan perendaman klorida terhadap kinerja beton.
4. Bagaimana pengaruh penggunaan GGBFS yang direndam dalam larutan klorida dibandingkan dengan perendaman air biasa terhadap kinerja beton

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis sifat beton segar dengan menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen.
2. Menganalisis sifat beton keras dengan menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen dengan perendaman klorida.
3. Menganalisis pengaruh GGBFS sebagai pengganti sebagian semen pada sifat beton keras dengan perendaman klorida.
4. Menganalisis pengaruh penggunaan GGBFS yang direndam dalam larutan klorida dan perendaman air biasa terhadap kinerja beton

1.4. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil yang dapat dijadikan rekomendasi untuk meningkatkan pemahaman dalam mengkaji sifat beton segar dengan penggunaan material GGBFS, khususnya terkait sifat beton keras dengan perendaman klorida.



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. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi industri konstruksi dalam memilih bahan tambah yang tepat untuk meningkatkan kualitas dan kinerja beton di lingkungan agresif.

1.5. Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil PNJ dan Laboratorium Teknologi Bahan PT Nexco Indonesia.
2. Penelitian ini menggunakan variasi 0%, 50%, 60%, dan 70%, GGBFS sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton.
3. Pengujian semen tidak dilakukan karena semen yang digunakan dalam pengujian sudah sesuai dengan SNI.
4. Pengujian komposisi kimia pada GGBFS tidak dilakukan dan menggunakan hasil pengujian GGBFS dari PT Krakatau Semen Indonesia.
5. Benda uji beton dibuat dengan FAS 0.4
6. Rendaman larutan klorida dengan variasi durasi rendaman selama 7, 28, dan 56 hari.
7. Standar perhitungan *mix design* menggunakan SNI 7656-2012.
8. Sifat-sifat beton segar yang diteliti terdiri dari *slump*, bobot isi, waktu ikat awal
9. Sifat-sifat beton keras yang diteliti terdiri dari kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah dan kuat lentur.
10. *Superplasticizer* yang digunakan yaitu Polynex SPN 11 type F.
11. Larutan klorida yang digunakan NaCl yaitu sebanyak 3,5%.
12. Semen yang dipakai Tipe I yaitu, OPC (*Ordinary Portland Cement*)

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini secara keseluruhan dibagi dalam beberapa BAB. Penulisan yang teratur dan sistematis, sehingga perlu dibuat sistematika penulisan skripsi sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang gambaran umum mengenai latar belakang penelitian, persamaan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan laporan.



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. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang literatur mengenai, *Ground Granulated Blast Furnace Slag*, klorida serta penelitian terdahulu yang sudah membahas topik yang akan penulis teliti.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian.

4. BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang data, mix design, dan hasil pengujian.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan yang diambil dari penelitian dan saran dari penulis.



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

5.2 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh penggunaan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* dengan perendaman klorida terhadap kinerja beton, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian beton segar menunjukkan *slump* beton tetap stabil pada 100 mm untuk semua variasi (0-70%), mengindikasikan *workability* yang tidak terpengaruh. Namun, berat isi meningkat signifikan dari 2272 kg/m³ (0%) menjadi 2300 kg/m³ (70%), menunjukkan peningkatan kepadatan beton. Sementara waktu ikat awal bertambah dari 169 menit menjadi 300 menit yang berarti penambahan GGBFS sebagai bahan campuran mempengaruhi waktu ikat, di mana semakin tinggi persentase GGBFS, waktu ikat cenderung semakin lama.
2. Hasil dari pengujian untuk sifat beton keras dengan perendaman klorida sebagai berikut:
 - a. Kuat tekan beton yang paling tinggi pada umur 7 hari sebesar 20.84 MPa dari benda uji yang tidak diberi bahan pengganti GGBFS. Sedangkan benda uji dengan penambahan variasi GGBFS yang menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi sebesar 15.83 MPa pada variasi 50% GGBFS.
 - b. Kuat tekan beton yang paling tinggi pada umur 28 hari sebesar 24.01 MPa dengan variasi 50% GGBFS dan benda uji dengan penambahan variasi GGBFS yang menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi.
 - c. Kuat tekan beton yang paling tinggi pada umur 56 hari sebesar 27.01 MPa dengan variasi 50% GGBFS dan benda uji dengan penambahan variasi GGBFS yang menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi.
 - d. Kuat tarik belah beton pada umur 28 hari menghasilkan kekuatan tertinggi sebesar 2.06 MPa pada variasi 50% GGBFS. Sedangkan menghasilkan kekuatan terendah sebesar 1.03 Mpa pada variasi 70% GGBFS.
 - e. Kuat tarik belah beton pada umur 56 hari menghasilkan kekuatan tertinggi sebesar 2.02 MPa pada variasi 50% GGBFS. Sedangkan menghasilkan kekuatan terendah sebesar 1.36 Mpa pada variasi 70% GGBFS.
 - f. Kuat tarik lentur beton yang paling tinggi pada umur 28 hari sebesar 2.47 MPa dari benda uji yang tidak diberi bahan pengganti GGBFS. Sedangkan benda



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

uji dengan penambahan variasi GGBFS yang menghasilkan kuat tarik lentur paling tinggi sebesar 2.21 MPa pada variasi 70% GGBFS.

- g. Kuat tarik lentur beton yang paling tinggi pada umur 56 hari sebesar 2.47 MPa dari benda uji dengan penambahan variasi 50% GGBFS.
 - h. Modulus elastisitas tertinggi pada umur 28 hari diperoleh beton dengan variasi 50% GGBFS.
 - i. Modulus elastisitas tertinggi pada umur 56 hari diperoleh beton dengan variasi 50% GGBFS.
3. Hasil analisis regresi linear sederhana menunjukkan bahwa penggunaan GGBFS dengan perendaman klorida memberikan pengaruh terhadap kinerja beton. Berdasarkan pengolahan data SPSS, teridentifikasi bahwa penambahan GGBFS secara signifikan memengaruhi kuat tekan beton pada umur 7 hari dan kuat tarik lentur umur 56 hari. Namun, untuk pengujian lainnya seperti kuat tekan umur 28 dan 56 hari, kuat tarik belah umur 28 dan 56 hari, modulus elastisitas umur 28 dan 56 hari, dan kuat tarik lentur umur 28 hari, penggunaan GGBFS tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.
 4. Pengaruh penggunaan GGBFS dengan rendaman klorida dibandingkan rendaman air biasa didapat dari hasil uji *independent sample t test*. Berdasarkan analisis dari SPSS, bahwa penggunaan GGBFS dengan rendaman air biasa dibandingkan rendaman klorida tidak ada perbedaan nilai kuat tekan beton, nilai kuat tarik belah beton, nilai kuat tarik lentur beton dan nilai modulus elastisitas beton secara signifikan.

5.2 Saran

Untuk menyempurnakan hasil penelitian ini, disarankan beberapa rekomendasi pengujian lanjutan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian permeabilitas dan porositas beton untuk mengevaluasi pengaruh variasi persentase GGBFS terhadap durabilitas beton dalam lingkungan klorida.
2. Perlu dilakukan pengujian pada umur lebih dari 56 hari (misalnya 90 hari) untuk mengamati perkembangan pengaruh GGBFS terhadap kinerja beton dalam lingkungan klorida.



© 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

3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi GGBFS yang lebih kecil guna mengidentifikasi persentase optimal yang memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik beton dalam lingkungan klorida.





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 PUSTAKA

- Agus Setiya Budi. (2021). KAJIAN KUAT TEKAN, MODULUS ELASTISITAS, KUAT LEKAT DAN KUAT TARIK BETON MEMADAT SENDIRI TERHADAP BETON NORMAL. *Matriks Teknik Sipil*, 9(3), 163. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i3.54477>
- Ainie Mat Dom, A., Jamaluddin, N., Azlina Abdul Hamid, N., & Siok Hoon, C. (2022). A Review: GGBS as a Cement Replacement in Concrete. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1022(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1022/1/012044>
- Alfian, R., Arlina Phelia, dan, Kunci, K., Tpa, O., Sampah, P., Sampah, P., Sarimukti, T., Alfian dan Arlina Phelia, R., & Efektifitas Sistem Pengangkutan dan Pengelolaan Sampah di TPA Sarimukti Kota Bandung, E. (2021). EVALUASI EFEKTIFITAS SISTEM PENGANGKUTAN DAN PENGELOLAAN SAMPAH DI TPA SARIMUKTI KOTA BANDUNG. In *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)* (Vol. 02, Issue 01). <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/jice>
- Al-Jabali, H. M., El-Latief, A. A., Ezz, M. S., Khairy, S., & Nada, A. A. (2024). GGBFS and Red-Mud based Alkali-Activated Concrete Beams: Flexural, Shear and Pull-Out Test Behavior. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 10(5), 1494–1512. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-05-09>
- Amalia, N. M. M. R. (2021). *Material Bangunan* (A. P. Rimsky K. Judisseno, Ed.; Vol. 1). PNJ Press.
- Anggara, M. A., & Afriade Siregar, C. (2024). ANALISIS KINERJA BETON DENGAN BAHAN TAMBAH GROUND GRANULATED BLAST FURNACE (GGBF) SLAG. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 4(1), 81–90. <https://doi.org/10.32897/simteks.v4i1.3432>
- Annisaa, T. (2021). KAJIAN KUAT TEKAN, MODULUS ELASTISITAS, KUAT LEKAT DAN KUAT TARIK BETON MEMADAT SENDIRI TERHADAP BETON NORMAL. *Matriks Teknik Sipil*, 9(3), 163. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i3.54477>
- Asbiartha, P., Alfa, A., Gasali, M., & Sudeska, E. (2022). PENGARUH SERBUK CANGKANG KERANG DARA DAN LOKAN SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP BERAT VOLUME, KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON. *Jurnal Selodang Mayang*, 8(1).
- ASTM C 29/C 29M - 97. (1997). *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate 1*.
- ASTM C 138 - 92. (1992). *Designation: C 138/C 138M-01a Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete 1*.
- ASTM C 177 - 95. (n.d.). *Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing 1*. www.astm.org



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

- ASTM C403/403M. (1999). *Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance 1*.
- Attari, A. , M. C. and R. M. G. (2020). *Calorimetric approach for assessing hydration and porosity development in GGBS concrete*, *Cement and Concrete Composites*. 46–56.
- Bhirawa, W. T. (2020). *Proses Pengolahan Data Dari Model Persamaan Regresi Dengan Menggunakan Statistical Product and Service Solution (SPSS)*.
- BS 882 : 1973. (1973). *Specification for aggregates from natural sources for concrete*. British Standards Institution.
- Budi Darma. (2021). *STATISTIKA PENELITIAN MENGGUNAKAN SPSS*.
- 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>
- Dewi, S. U., & Prasetyo, F. (2021). ANALISA PENAMBAHAN BOTTOM ASH TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(02), 31. <https://doi.org/10.33365/jice.v2i02.1307>
- Djoko Setiyarto, Y., & Pradana, D. (2022). CRANE : Civil Engineering Research Jounal PENGARUH PENGGUNAAN ZAT EPOXY TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL. *Civil Engineering Research Jounal*, 3. <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/crane>
- Doni Irawan, Z. A. H. M. C. N. (2023). *Pengaruh Perendaman Air Laut Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton* (Vol. 11, Issue 4).
- Fan, H., Dhir, R. K., & Hewlett, P. C. (2021). GGBS Use in Concrete as Cement Constituent: Strength Development and Sustainability Effects-Part 1. *Magazine of Concrete Research*. <https://doi.org/10.1680/jmacr.21.00009>
- Fatwa Fahlevi Alzaqi. (2021a). *PENGGUNAAN GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG (GGBFS) SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP PENGUJIAN SETTING TIME DAN KUAT TEKAN BETON PADA PERENDAMAN LARUTAN KLORIDA*. Universitas Andalas.
- Fatwa Fahlevi Alzaqi. (2021b). *Penggunaan Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) Sebagai Material Subtitusi Semen Terhadap Pengujian Setting Time Dan Kuat Tekan Beton Pada Perendaman Larutan Klorida*.
- Fauzan Hamdi, F. E. P. L. M. T. M. I. D. S. S. M. A. R. A. A. S. M. P. R. R. H. (2022). *TEKNOLOGI BETON* (M. T. M. M. Irianto, Ed.; Vol. 1). CV. Tohar Media.
- Fitri Yani Rumalesin, H. H. T. (2024). ANALISIS KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN SERAT FIBERGLASS SEBAGAI MATERIAL



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

TAMBAHAN PENYUSUN CAMPURAN BETON. *Jurnal Studi Multidisipliner*, 8.

Handayani, N. K., Darmawan, B., Listyo, F., & Nugroho, A. (2022). PENGARUH SUBSTITUSI STEEL SLAG TERHADAP SIFAT MEKANIK HIGH VOLUME FLY ASH-SELF COMPACTING CONCRETE PADA VARIASI KONSENTRASI PERENDAMAN KLOORIDA. *Simposium Nasional RAPI XXI*, 171–175.

Heikal, M., Ali, M. A., Ghernaout, D., Elboughdiri, N., Ghernaout, B., & Bendary, H. I. (2023). Prolonging the Durability of Maritime Constructions through a Sustainable and Salt-Resistant Cement Composite. *Materials*, 16(21). <https://doi.org/10.3390/ma16216876>

Ilham Nurrosyid, M., Yudi Susanto, H., Apriyanto, T., & Adhi Karya Tbk, P. (2024). ANALISIS PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON NORMAL DENGAN BETON CAMPURAN BAHAN BEKAS. *JURNAL TEKNIK INDONESIA*, 5.

Indra Syahrul Fuad. (2022). PENGARUH PENAMBAHAN CANGKANG TELUR TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON. *Jurnal Desiminasi Teknolog*, 2.

Lovelya Tivani Bonifhasya, C., Mudjri, A., Achmad, D., Teknik Sipil, J., Negeri Jakarta Jl G A Siwabessy, P. D., & Kota, B. (n.d.). *PEMANFAATAN LIMBAH GGBFS DAN ACETYLENE SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN UNTUK MORTAR*. 2021.

Muhammad Kemal Rafif, & Alfinna Mahya Ummati. (2023). Pengaruh pasang surut air laut terhadap kekuatan beton komposit material Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(2), 218–227. <https://doi.org/10.22225/pd.12.2.6518.218-227>

Muhammad Syarif, I. G. Y. K. I. K. H. W. R. U. A. B. A. M. S. A. A. M. R. A. R. N. A. H. F. H. D. D. P. (2024). *Struktur Beton* (M. G. Indrawan, Ed.; 1st ed.). CV. Gita Lentera.

Nur Suprihatin. (2023). *TINJAUAN KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON DENGAN SERAT KAWAT BENDRAT BERBENTUK “W” SEBAGAI BAHAN TAMBAH*.

Oktavero Fahrezy, G., Cahya Dewi, I., & Priyono, P. (2025). Pengaruh Perawatan Beton Dengan Menggunakan Metode Wrapping dan Curing Compound Terhadap Kuat Tekan Beto Silinder The Effect of Concrete Care Using The Wrapping And Curing Compound Methods on The Compressive Strenght of Cylinder Concrete. In *Jurnal Smart Teknologi* (Vol. 6, Issue 2). <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>

Phelia, A., & Sinia, R. O. (2021). Skenario Pengembangan Fasilitas Sistem Pengolahan Sampah Dengan Pendekatan Cost Benefit Analysis Di Kelurahan Kedamaian Kota Bandar Lampung. *Serambi Engineering*, VI(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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Pio Ranap Tua Naibaho, E. H. M. A. S. (2021). *Kajian Beton Normal Menggunakan Semen Granulatted Blast Furnance Slag (GBFS)*. Insania.
- Prayogo, L. M. (2021). Analisis kenaikan muka air laut di perairan kaliangnet kabupaten sumenep tahun 2000-2020. *Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 61–68.
- Raafidiani, R., Mulyadi, M., & Kartawidjaja, M. A. (2024). *PENGARUH LIMBAH GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG (GGBFS) PADA BETON 56 HARI*.
- Ravi Arrandi Risman, R., & Widjaja, A. (2023). *Penambahan Superplasticizer (0,4%) Dan Additive Air Entrining Agent Pada Campuran Beton Mutu f_c '30 MPa (Vol. 1, Issue 3)*.
- Riandika, M., Saputra, J., & Amalia. (2023). ANALISIS KINERJA BETON DENGAN AGREGAT HALUS PS BALL DI AIR LAUT. In *Construction and Material Journal*. <http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj>
- Rizki Abdila, S., Zulfikar, S., & Arga, Y. P. (2023). *PENGARUH LIMBAH CANGKANG KERANG SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. 9(1).
- Rizky Sari, V. (2024). *PENGARUH PENGGUNAAN GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG PADA STEEL FIBER CONCRETE*.
- Sambowo, K. A., Basuki, A., & Chrismaningwang, D. G. (2022). *KUAT LENTUR DAN SERAPAN BUNYI PANEL BETON AGREGAT POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)*.
- 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. <https://doi.org/10.26593/josc.v4i1.7805>
- SK SNI T:15-1991-03. (1991). *TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG*.
- SNI 03 - 1968 - 1990. (1990). *Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan kasar*.
- SNI 03 – 1971 – 1990. (1990). *SNI STANDAR NASIONAL INDONESIA Metode pengujian kadar air agregat Badan Standar Nasional DAFTAR ISI*.
- SNI 03 - 2843 - 2000. (n.d.). *Standar Nasional Indonesia Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- SNI 03-4431-1997. (n.d.). *METODE PENGUJIAN KUAT LENTUR NORMAL DENGAN DUA TITIK PEMBEBANAN*.
- SNI 15 - 2531 - 1991. (1991). *Pengujian Berat Jenis Semen*.



Hak Cipta :

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

- SNI 1969 : 2016. (2016). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.
- SNI 1969:2008. (1969). *Standar Nasional Indonesia Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.
- SNI 1970:2008. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan penyerapan air agregat halus*.
- SNI 1972:2022. (2022). " *Metode uji slump beton semen hidraulic (ASTM C143/C143M-20, MOD)*. www.bsn.go.id
- SNI -4431-2011. (2011). *Cara uji kuat lentur b kuat lentur beton normal dengan dua dengan dua titik pembebanan*. www.bsn.go.id
- SNI 6889:2014. (2014). " *Tata cara pengambilan contoh uji agregat (ASTM D75/D75M-09, IDT) Badan Standardisasi Nasional*. www.bsn.go.id
- Tanijaya, J., & Tonapa, S. R. (2020). Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Dengan Perendaman NaCl Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Paulus Civil Engineering Journal*. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej> Pengaruh Penambahan Bottom Ash..... 298
- Tekan, K., Modulus, D., Layang, S., & Perkasa, P. (2022). *Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Normal yang Menggunakan Agregat Kasar Gabungan*. www.jurnal.abulyatama.ac.id/tekniksipil
- Uhib Wita Hardanu, & Destriana Sufazen. (2022). Studi Experimental Beton Self Compacting Concretedari Pemanfaatan Limbah Ground Granulated Blast Furnace Slag(GGBFS). *Jurnal Kewarganegaraan*, 6.
- Uisharmandani, L., & Puspitasari, I. (2023). *KAJIAN EKSPERIMENTAL BETON MENGGUNAKAN ADMIXTURE SIKA VISCOCRETE 3115N UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN* (Vol. 17, Issue 1).
- Wibowo, W., Safitri, E., & Kastara, D. A. (2024). KAJIAN SERAPAN KLOORIDA PADA BETON BUBUK REAKTIF DENGAN SILICA FUME 15% DAN VARIASI PASIR KUARSA. *Matriks Teknik Sipil*, 11(4), 413. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i4.76145>