

60/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2025

SKRIPSI

PENGARUH SUBSTITUSI GROUND GRANULATED BLAST FURNACE

SLAG DENGAN PERENDAMAN SULFAT

TERHADAP KINERJA BETON



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

DISUSUN OLEH :

Muhammad Ihsan

NIM. 2101421027

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 *Grand Granulated Blast Furnace Slag* dengan Perendaman Sulfat Terhadap Kinerja Beton yang disusun oleh Muhammad Ihsan (NIM 2101421027) 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi Berjudul :

Pengaruh Substitusi Ground Granulated Blast Furnace Slag Dengan Perendaman Sulfat Terhadap Kinerja Beton

Yang disusun oleh Muhammad Ihsan (NIM 2101421027) telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi di depan Tim Penguji pada hari Selasa 8 Juli 2025.

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Yanuar Setiawan, S.T., M.T. 199001012019031015	
Anggota	Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D NIP. 198012042020121001	

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



Istiatun, S.T., M.T.

NIP. 196605181990102001



© 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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Ihsan

NIM : 2101421027

Program Studi : D4 Teknik Konstruksi Gedung

Alamat Email : Muhammad.ihsan.ts21@mhsw.pnj.ac.id

Judul Naskah : Pengaruh Substitusi *Ground Granulated Blast Furnace Slag*
Dengan Perendaman Sulfat 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, 21 Juli 2025

Yang menyatakan,

Muhammad Ihsan



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 syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan judul “Pengaruh Penggunaan Grand Granulated Blast Furnace Slag dengan Perendaman Sulfat Terhadap Kinerja Beton”. Tujuan dari penyusunan Skripsi ini guna memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan dari Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam pengerjaan Skripsi ini ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis yang selalu menjadi semangat dan inspirasi bagi penulis. bentuk pengorbanan, dukungan, dan doanya menjadi motivasi terdepan penulis untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Anni Susilowati, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang selalu membantu membimbing, mengarahkan, dan memberi dukungan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai syarat kelulusan.
3. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak Sony Pramusandi, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing Akademik.
6. 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.
7. Chintya Amalia Putri, Haudiah Hakim, Ibanes Jean Gayatri Achmad, Omar Agustiano yang membantu dan mendukung penulis di laboratorium bahan, serta memberikan dukungan, baik berupa ilmu, waktu dan tenaga.

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.

Muhammad Ihsan



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSAKA	5
2.1. Beton	5
2.2. Sifat Beton Segar	5
2.2.1. Pengujian <i>Slump</i>	5
2.2.2. Pengujian Bobot Isi	5
2.2.3. Pengujian Waktu Ikut	6
2.3. Sifat Beton Keras	6
2.3.1. Kuat Tekan Beton	6
2.3.2. Kuat Tarik Belah	7
2.3.3. Kuat Lentur Beton	7
2.3.4. Modulus Elastisitas	9
2.4. Bahan Penyusun Beton	10
2.4.1. Semen	10
2.4.2. Agregat Halus	10
2.4.3. Agregat Kasar	10
2.4.4. Air	10
2.5. granulated blast furnace slag (GGBFS)	10

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

2.6.	Asam sulfat	11
2.7.	Penelitian Terdahulu	12
2.8.	Analisis Data	15
2.9.	Hipotesis	15
BAB III METODE PENELITIAN		17
3.1.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	17
3.2.	Rancangan Penelitian	17
3.3.	Bahan Penelitian	18
3.4.	Alat Penelitian.....	19
3.5.	Pengujian Material Agregat Kasar	19
3.5.1.	Pengujiann Berat Jenis dan Penyerapan Air	19
3.5.2.	Pengujian Bobot Isi dan Rongga	19
3.5.3.	Pengujian Analisa Ayak.....	20
3.5.4.	Pengujian Kadar Lumpur	20
3.5.5.	Pengujian Kadar Air	20
3.6.	Pengujian Material Agregat Halus	21
3.6.1.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	21
3.6.2.	Pengujian Bobot Isi dan Rongga	21
3.6.3.	Pengujian Analisa Ayak.....	22
3.6.4.	Pengujian Kadar Lumpur	22
3.6.5.	Pengujian Kadar Air	22
3.7.	Perencanaan Campuran Beton	23
3.8.	Perendaman Beton	23
3.9.	Pengujian Benda Uji.....	24
3.9.1.	Pengujian Slump Beton	24
3.9.2.	Pengujian Berat Isi Beton	25
3.9.3.	Pengujian Waktu Ikat Awal.....	25
3.9.4.	Pengujian Kuat Tekan	26
3.9.5.	Pengujian Kuat Tarik Belah	26
3.9.6.	Pengujian Kuat Lentur	27
3.9.7.	Pengujian Modulus Elastisitas	28
3.10.	Metode Analisis Data	29
3.11.	Diagram Alir	31
3.12.	Luaran	32
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1.	Data dan Pembahasan Pengujian Bahan Campuran Beton	33



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

4.1.1.	Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Kasar.....	33
4.1.2.	Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Halus	38
4.2.	Rancangan Campuran (<i>Mix Design</i>).....	44
4.2.1.	Mix Design SNI 7656-2012	44
4.3.	Rancangan Kebutuhan Bahan.....	49
4.4.	Pengujian Beton Segar	51
4.4.1.	Pengujian Slump Test	51
4.4.2.	Pengujian Berat Isi.....	52
4.4.3.	Pengujian Waktu Ikat.....	55
4.5.	Pengujian Beton Keras	58
4.5.1.	Pengujian Kuat Tekan	58
4.5.2.	Pengujian Kuat Tarik Belah	81
4.5.3.	Pengujian Kuat Lentur	89
4.5.4.	Pengujian Modulus Elastisitas	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		117
5.1.	Kesimpulan	117
5.2.	Saran	118
DAFTAR PUSAKA.....		119
LAMPIRAN.....		122

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton	7
Gambar 2. 2 Patah pada 1/3 bentang Tengah	8
Gambar 2. 3 Patah pada 1/3 bentang Tengah dan garis patah pada <5% dari bentang 9	
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	31
Gambar 4. 1 Gradasi Agregat Kasar	37
Gambar 4. 2 Gradasi Agregat Halus	43
Gambar 4. 3 Grafik Slump Test	51
Gambar 4. 4 Grafik Berat isi Beton	52
Gambar 4. 5 Grafik Waktu Ikut Variasi GGBFS 0%.....	55
Gambar 4. 6 Grafik Waktu Ikut Variasi GGBFS 30%.....	56
Gambar 4. 7 Grafik Waktu Ikut Variasi GGBFS 50%.....	57
Gambar 4. 8 Grafik Waktu Ikut Variasi GGBFS 70%.....	58
Gambar 4. 9 Data Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa.....	59
Gambar 4. 10 Data Kuat Tekan Umur 7 Hari Air Sulfat.....	62
Gambar 4. 11 Kuat Tekan Umur 14 Hari Air Biasa	66
Gambar 4. 12 Kuat Tekan Umur 14 Hari Air Sulfat	69
Gambar 4. 13 Kuat Tekan Umur 28 Perendaman Air Biasa	73
Gambar 4. 14 Kuat Tekan Umur 28 Hari Air Sulfat	76
Gambar 4. 15 Rekapitulasi Kuat Tekan Rata-Rata	80
Gambar 4. 16 Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari Air Biasa	81
Gambar 4. 17 Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari Air Biasa dengan Nilai Teoritis	82
Gambar 4. 18 Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari Air Sulfat	85
Gambar 4. 19 Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari Air Sulfat dengan Nilai Teoritis.....	86
Gambar 4. 20 Perbandingan Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari Air biasa dan Air Sulfat	89
Gambar 4. 21 Kuat Lentur 28 Hari Air Biasa	90
Gambar 4. 22 Perbandingan Nilai Kuat Lentur 28 Hari air biasa dengan Nilai Teoritis	90
Gambar 4. 23 Kuat Lentur 28 Hari Air Sulfat.....	93
Gambar 4. 24 Perbandingan Nilai Kuat Lentur 28 Hari air sulfat dengan Nilai Teoritis	93
Gambar 4. 25 Perbandingan Kuat Lentur Umur 28 Hari Air biasa dan Air Sulfat	97
Gambar 4. 26 Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas 28 Hari dengan Nilai Teoritis	104
Gambar 4. 27 Perbandingan Modulus Elastisitas 28 Hari Air Biasa dan Air Sulfat	116

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 TABEL

Tabel 3. 1 Perencanaan Jumlah Benda Uji.....	17
Table 4. 1 Data Berat Jenis Agregat Kasar.....	33
Table 4. 2 Data Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	33
Table 4. 3 Data bobot isi yang digunakan.....	34
Table 4. 4 Data dan Hasil Pengujian Bobot Isi dan Rongga Agregat Kasar	35
Table 4. 5 Data dan Hasil Pengujian Analisa Ayak Agregat Kasar	36
Table 4. 6 Data dan Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	37
Table 4. 7 Data dan Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	38
Table 4. 8 Data Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	38
Table 4. 9 Data dan Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	39
Table 4. 10 Data Bobot Isi dan Rongga Agregat Halus	40
Table 4. 11 Data dan Hasil Pengujian Bobot Isi dan Rongga Agregat Halus	41
Table 4. 12 Data dan Hasil Analisa Ayak Agregat Halus	42
Table 4. 13 Data dan Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	43
Table 4. 14 Data dan Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	44
Table 4. 15 Perkiraan Air Pencampur dan Kandungan Udara	45
Table 4. 16 Hubungan antara rasio air semen (w/c) atau rasio air bahan bersifat semen (w/(c + p)) dan kekuatan beton	46
Table 4. 17 Volume agregat kasar per satuan volume beton	46
Table 4. 18 Perkiraan awal berat beton	47
Table 4. 19 Perkiraan awal berat beton	48
Table 4. 20 Kebutuhan Bahan silinder	50
Table 4. 21 Kebutuhan Bahan Balok.....	50
Table 4. 22 Data dan Hasil Slump Test.....	51
Table 4. 23 Data dan Hasil Pengujian Berat isi Beton	52
Table 4. 24 Model Summary Berat Isi Beton Segar.....	53
Table 4. 25 ANNOVA Berat Isi Beton Segar	53
Table 4. 26 Coefficients Berat Isi Beton Segar.....	54
Table 4. 27 Waktu Ikut Variasi GGBFS 0%	55
Table 4. 28 Waktu Ikut Variasi GGBFS 30%	56
Table 4. 29 Waktu Ikut Variasi GGBFS 50%	56
Table 4. 30 Waktu Ikut Variasi GGBFS 70%	57
Table 4. 31 Data Pengujian Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa.....	59
Table 4. 32 Model Summary Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa	60
Table 4. 33 ANNOVA Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa	60
Table 4. 34 Coefficients Kuat Tekan 7 Hari Air Biasa.....	60
Table 4. 35 hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari Air Sulfat.....	61
Table 4. 36 Model Summary Kuat Tekan 7 Hari Air Sulfat.....	63
Table 4. 37 ANNOVA Kuat Tekan 7 Hari Air sulfat	63
Table 4. 38 Coefficients Kuat Tekan 7 Hari Air Sulfat	63
Table 4. 39 Group Statistics Kuat Tekan 7 Hari.....	64
Table 4. 40 Independent Sample Test Kuat Tekan 7 Hari	65
Table 4. 41 Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari Air Biasa.....	65
Table 4. 42 Model Summary Kuat Tekan 14 Hari Air Biasa	66

Hak Cipta :

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



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

Table 4. 43 ANNOVA Kuat Tekan 14 Hari Air Biasa	67
Table 4. 44 Coefficients Kuat Tekan 14 Hari Air Biasa	67
Table 4. 45 Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari Air Sulfat	68
Table 4. 46 Model Summary Kuat Tekan 14 Hari Air Sulfat	69
Table 4. 47 ANNOVA Kuat Tekan 14 Hari Air sulfat	70
Table 4. 48 Coefficients Kuat Tekan 14 Hari Air Sulfat	70
Table 4. 49 Group Statistics Kuat Tekan 14 Hari	71
Table 4. 50 Independent Sample Test Kuat Tekan 14 Hari	71
Table 4. 51 Kuat Tekan Umur 28 Perendaman Air Biasa	72
Table 4. 52 Model Summary Kuat Tekan 28 Hari Air Biasa	73
Table 4. 53 ANNOVA Kuat Tekan 28 Hari Air Biasa	74
Table 4. 54 Coefficients Kuat Tekan 28 Hari Air Biasa	74
Table 4. 55 Kuat Tekan Umur 28 Hari Air Sulfat	75
Table 4. 56 Model Summary Kuat Tekan 28 Hari Air Sulfat	76
Table 4. 57 ANNOVA Kuat Tekan 28 Hari Air sulfat	77
Table 4. 58 Coefficients Kuat Tekan 28 Hari Air Sulfat	77
Table 4. 59 Group Statistics Kuat Tekan 28 Hari	78
Table 4. 60 Independent Sample Test Kuat Tekan 28 Hari	78
Table 4. 61 Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari Air Biasa	81
Table 4. 62 Model Summary Kuat Tarik Belah 28 Hari Air Biasa	82
Table 4. 63 ANNOVA Kuat tarik belah 28 Hari Air Biasa	83
Table 4. 64 Coefficients Kuat Tarik Belah 28 Hari Air Biasa	83
Table 4. 65 Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari Air Sulfat	84
Table 4. 66 Model Summary Kuat Tarik Belah 28 Hari Air Sulfat	86
Table 4. 67 ANNOVA Kuat tarik belah 28 Hari Air Sulfat	86
Table 4. 68 Coefficients Kuat Tarik Belah 28 Hari Air Sulfat	86
Table 4. 69 Group Statistics Kuat Tarik Belah 28 Hari	88
Table 4. 70 Independent Sample Test Kuat Tarik Belah 28 Hari	88
Table 4. 71 Kuat Lentur 28 Hari Air Biasa	89
Table 4. 72 Model Summary Kuat Lentur 28 Hari Air Biasa	91
Table 4. 73 ANNOVA Kuat lentur 28 Hari Air Biasa	91
Table 4. 74 Coefficients Kuat Lentur 28 Hari Air Biasa	91
Table 4. 75 Kuat Lentur 28 Hari Air Sulfat	92
Table 4. 76 Model Summary Kuat Lentur 28 Hari Air Sulfat	94
Table 4. 77 ANNOVA Kuat lentur 28 Hari Air Sulfat	94
Table 4. 78 Coefficients Kuat Lentur 28 Hari Air Sulfat	94
Table 4. 79 Group Statistics Kuat Lentur 28 Hari	95
Table 4. 80 Independent Sample Test Kuat Lentur 28 Hari	96
Table 4. 81 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Air Biasa	97
Table 4. 82 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Air Biasa	98
Table 4. 83 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 30% GGBFS Air Biasa	99
Table 4. 84 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 30% GGBFS Air Biasa	99
Table 4. 85 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Air Biasa	101



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

Table 4. 86 nalisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Air Biasa	101
Table 4. 87 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS Air Biasa....	102
Table 4. 88 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% GGBFS Air Biasa.....	102
Table 4. 89 Model Summary Modulus Elastisitas 28 Hari Air Biasa	104
Table 4. 90 ANNOVA Modulus Elastisitas 28 Hari Air Biasa	104
Table 4. 91 Coefficients Modulus Elastisitas 28 Hari Air Biasa.....	105
Table 4. 92 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Air Sulfat	106
Table 4. 93 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Air Sulfat	106
Table 4. 94 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 30% Air Sulfat.....	108
Table 4. 95 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 30% GGBFS Air Sulfat	108
Table 4. 96 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% Air Sulfat.....	109
Table 4. 97 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Air Sulfat	109
Table 4. 98 Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 70% Air Sulfat.....	111
Table 4. 99 Analisis Data Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 50% GGBFS Air Sulfat	111
Table 4. 100 Model Summary Modulus Elastisitas 28 Hari Air Sulfat.....	113
Table 4. 101 ANNOVA Modulus Elastisitas 28 Hari Air Sulfat	113
Table 4. 102 Coefficients Modulus Elastisitas 28 Hari Air Sulfat	113
Table 4. 103 Group Statistics Modulus Elastisitas 28 Hari.....	114
Table 4. 104 Independent Sample Test Modulus Elastisitas Lentur 28 Hari	115



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

Bidang konstruksi di Indonesia mengalami perkembangan teknologi yang sangat pesat salah satu nya adalah beton. Indonesia memiliki kebutuhan beton yang sangat besar, terutama beton yang memiliki kekuatan tekan dan kekuatan Tarik yang tinggi. Menurut SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton memiliki beberapa kelebihan sebagai material dari konstruksi adalah ekonomis, mudah di dapatkan, tahan api dan perawatan yang mudah dan murah. Untuk kekurangan beton itu sendiri adalah memiliki sifat yang getas, yang membuatnya rentan terhadap retakan dan penyusutan (Bahar et al., 2024). Selain itu, salah satu campuran beton yaitu semen memiliki dampak lingkungan terhadap emisi CO₂ maka dari itu dapat dilalukan subsitusi semen Portland menggunakan *granulated blast furnace slag* (Arini et al., 2019). Lingkungan tempat beton berada seperti pondasi dan basement mempengaruhi kapasitas beton. Salah satu kandungan yang ada di dalam tanah dapat menyebabkan kerusakan pada struktur beton adalah kandungan sulfat. (Bahar et al., 2024).

Asam sulfat adalah senyawa asam yang terbentuk secara alam di permukaan tanah dan air serta memiliki agresifitasnya yang tinggi dibandingkan dengan asam lainnya (Pandiangan et al., 2006). Lingkungan agresif yaitu struktur beton rentan untuk menerima serangan kimia seperti ion asam, ion klorida, dan ion asam. Lingkungan agresif seperti daerah rawa dan gambut (Kurniawan et al., 2022). Kerusakan yang diakibatkan serangan sulfat harus segera dicegah karena mempengaruhi kualitas kuat tekan beton dan membua beton mengalami keropos dan karat (Sultan et al., 2020). Penggantian sebagian semen dengan *granulated blast furnace slag* (GGBFS) ternyata dapat meningkatkan ketahan terhadap serangan sulfat pada beton, yang dimana ketika resistensi tinggi terhadap serangan sulfat telah ditunjukan ketika proporsi *granulated blast furnace slag* (GGBFS) melebihi 50% dari total bahan semen yang digunakan (Arini et al., 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut sangat penting mengetahui sifat beton segar dan sifat beton keras serta ketahanan sulfat pada beton normal terhadap penambahan *granulated blast furnace slag* (GGBFS) sebagai penggantian sebagian



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

semen. Penelitian ini menggunakan variasi *granulated blast furnace slag* (GGBFS) yaitu 30%,50%,70% dan menggunakan cairan sulfat sebesar 2%. Penelitian ini ntuk mengetahui sifat beton segar dan sifat beton keras yang ditambahkan *granulated blast furnace slag* (GGBFS) sebagai subsitusi sebagian semen serta mengurangi penggunaan semen yang memiliki dampak negatif terhadap gas emisi CO₂ dari produksi semen itu. Sedangkan perendaman sulfat untuk mengetahui ketahanan terhadap beton yang menggunakan subsitusi *granulated blast furnace slag* (GGBFS).

1.2.Rumusan Masalah

1. Bagaimana sifat beton segar yang menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen.
2. Bagaimana sifat beton keras yang menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen terhadap perendaman asam sulfat.
3. Bagaimana pengaruh penggunaan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen pada sifat beton keras dengan perendaman sulfat 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 yang menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen.
2. Menganalisis sifat beton keras yang menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen terhadap perendaman asam sulfat.
3. Menganalisis komposisi GGBFS sebagai pengganti sebagian semen yang digunakan untuk menghasilkan kinerja beton yang paling baik terhadap perendaman asam sulfat.
4. Menganalisis pengaruh GGBFS sebagai pengganti sebagian semen terhadap sifat beton keras perendaman asam sulfat.

1.4.Manfaat Penelitian

1. Diharapkan penelitian ini akan menambah pengetahuan, khususnya dengan memberikan rekomendasi perhitungan dan pengujian untuk penggunaan material GGBFS dalam pembuatan beton normal segar terhadap perendaman asam sulfat.



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. Diharapkan penelitian ini dapat membantu industri konstruksi memilih bahan tambah yang tepat untuk meningkatkan kualitas dan kinerja beton terhadap asam sulfat di lingkungan agresif.

1.5. Batasan Penelitian

1. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil PNJ dan Laboratorium Teknologi Bahan PT. Nexco Indonesia.
2. Penelitian ini menggunakan variasi 0%, 30%, 50%, dan 70% GGBFS sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton normal.
3. Pengujian material semen tidak dilakukan dikarenakan semen yang digunakan dalam pengujian sudah sesuai dengan SNI.
4. Benda uji dari penelitian ini merupakan beton berupa balok berukuran $100 \times 100 \times 500$ mm (sesuai dengan ASTM C78) untuk pengujian kuat lentur, benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan (sesuai dengan ASTM C39) dan modulus elastisitas (sesuai dengan ASTM C469).
5. Pengujian perendaman asam sulfat dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 untuk menguji kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas.
6. Larutan sulfat yang digunakan sebanyak 2%
7. Sifat-sifat beton segar yang diteliti terdiri dari slump, bobot isi, waktu ikat awal
8. Sifat-sifat beton keras yang diteliti terdiri dari kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, modulus elastisitas,
9. Faktor Air Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0,42
10. 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 diperlukan 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.

2. BAB II TINJUAN PUSAKA



Hak Cipta :

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

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

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metode yang digunakan dalam penelitian, 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

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dan modulus elastisitas menggunakan substitusi GGBFS dan perendaman air sulfat, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian beton segar menunjukkan *slump* beton tetap stabil pada 100 mm untuk semua variasi 0%, 30%, 50% dan 70%, mengindikasikan workability yang tidak terpengaruh. Namun, berat isi menurun signifikan dari 2071,19 kg/m³ (0%) menjadi 2035,59 kg/m³ (70%), menunjukkan penurunan kepadatan beton. Sementara waktu ikat awal bertambah dari 140 menit menjadi 173 menit yang berarti penambahan GGBFS sebagai bahan campuran mempengaruhi waktu ikat, di mana semakin tinggi persentase GGBFS, waktu ikat cenderung semakin lama. Dengan demikian, variasi yang diterapkan efektif meningkatkan kepadatan tanpa memengaruhi workability atau waktu pengikatan awal.
2. Hasil dari pengujian sifat mekanis beton sebagai berikut:
 - a. Kuat Tekan Beton yang menghasilkan nilai yang paling tinggi dalam perendaman air biasa pada umur 7 hari adalah 20.84 MPa tanpa menggunakan campuran GGBFS. Sedangkan pada perendaman air sulfat nilai tertinggi yaitu 17.83 MPa tanpa menggunakan bahan campuran GGBFS.
 - b. Kuat Tekan Beton yang menghasilkan nilai yang paling tinggi dalam perendaman air biasa pada umur 14 hari adalah 25.02 MPa tanpa menggunakan campuran GGBFS. Sedangkan pada perendaman air sulfat nilai tertinggi yaitu 22.21 MPa tanpa menggunakan bahan campuran GGBFS.
 - c. Kuat Tekan Beton yang menghasilkan nilai yang paling tinggi dalam perendaman air biasa pada umur 28 hari adalah 25.99 MPa dari variasi 30% GGBFS. Sedangkan pada perendaman air sulfat nilai tertinggi yaitu 22.16 MPa dari variasi 30% GGBFS.
 - d. Kuat Tarik Belah Beton pada umur 28 hari dengan perendaman air biasa menghasilkan nilai tertinggi sebesar 1,78 MPa pada variasi 30% GGBFS.

Hak Cipta :

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

Sedangkan perendaman air sulfat yang tertinggi sebesar 1,82 MPa pada variasi 30% GGBFS.

- e. Kuat Lentur Beton pada umur 28 hari dengan perendaman air biasa menghasilkan kuat lentur sebesar 3,12 MPa. Sedangkan perendaman air sulfat yang tertinggi sebesar 2,21 MPa tanpa menggunakan campuran GGBFS.
 - f. Modulus Elastisitas pada umur 28 hari dengan perendaman air biasa menghasilkan nilai tertinggi sebesar 23025.66 MPa di variasi 30% GGBFS. Sedangkan perendaman asam sulfat yang memiliki nilai tertinggi yaitu 22394.69 MPa di variasi 50% GGBFS.
3. Hasil analisis regresi linear sederhana menunjukkan bahwa penggunaan GGBFS dengan perendaman air sulfat memberikan pengaruh terhadap kinerja beton. Berdasarkan pengolahan data SPSS, teridentifikasi bahwa penambahan GGBFS secara signifikan memengaruhi kuat tekan beton. Namun, untuk parameter lainnya seperti kuat lentur umur 28 hari, penggunaan GGBFS tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.
 4. Pengaruh penggunaan GGBFS dengan rendaman air biasa dan rendaman air sulfat didapat dari hasil uji *independent sample t test*. Berdasarkan analisis dari SPSS, bahwa penggunaan GGBFS dengan rendaman air biasa dan rendaman sulfat 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

Karena ditemukan masih ada beberapa kekurangan dalam penelitian ini, maka disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut, diantaranya:

1. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi GGBFS yang lebih kecil untuk mengetahui pada variasi berapa GGBFS pada rendaman air sulfat yang memiliki pengaruh signifikan pada sifat mekanis beton.
2. Perlu dilakukan pengujian diatas umur 28 hari supaya lebih terlihat hasil dari penggunaan GGBFS terhadap kinerja beton dalam lingkungan sulfat.
3. Perlu dilakukan pengujian permeabilitas untuk mengetahui lebih detail pengaruh sulfat terhadap durabilitas beton dalam lingkungan sulfat.



DAFTAR PUSAKA

- Anwar, R. N., Chalid, A., & Siregar, C. A. (2023). Pengaruh Ground Granulated Blast Furnace (Ggbf) Slag Sebagai Bahan Tambah Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 3(1), 131. <https://doi.org/10.32897/simteks.v3i1.2619>
- Aprilia, A. D. (2024). No TitleEAENH. *Ayan*, 15(1), 37–48.
- Arini, R. N., Warastuti, N., & Darmawan, M. W. K. (2019). Analisis Kuat Tekan dengan Aplikasi Ground Granulated Blast Furnace Slag Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Campuran Beton. *Jurnal Konstruksia*, 10(2), 89–94.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*, 251.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2008). SNI 1973:2008 Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–13.
- Bahar, S. B., Sayfullah, M., Kundrad, H., & Rika. (2024). Eksperimental Uji Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Agregat Kasar Pecahan Bata Merah dan Batako Sebagai Bahan Pengganti. In *Jurnal Pendidikan Tambusai: Vol. 8 (1)*.
- Bhirawa, W. T. (2020). Proses Pengolahan Data Dari Model Persamaan Regresi Dengan Menggunakan Statistical Product and Service Solution (SPSS). *Statistika*, 71–83.
- Bima, R. (2020). <http://digilib.mercubuana.ac.id> (Vol. 1).
- BSN. (2011). *Standarisasi Nasional Indonesia 03 - 4431 - 2011 : Cara uji kuat lentur kuat lentur beton normal dengan dua dengan dua titik pembebanan*. www.bsn.go.id
- Cabrera-Madrid, J. A., Escalante-García, J. I., & Castro-Borges, P. (2016). Resistencia a la compresión de concretos con escoria de alto horno. Estado del arte re-visitado. *Revista ALCONPAT*, 6(1), 64–83. <https://doi.org/10.21041/ra.v6i1.116>
- Fitri, F. A., Arifi, E., & S, R. M. (2018). *ANALISIS MODULUS ELASTISITAS BETON*

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

DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PUNDIT PL-200 NASKAH PUBLIKASI (*Analysis Elastic Modulus of Concrete Using PUNDIT PL-200*).

Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2008). *Standar Nasional Indonesia SNI 1972:2008 Cara uji slump beton Cara uji slump beton ICS 91.100.30 Badan Standardisasi Nasional*.

Kurniawan, K., Sultan, M. A., & Tata, A. (2022). Efek Larutan Asam Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen. *STABILITA || Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 9(3), 91. <https://doi.org/10.55679/jts.v9i3.21896>

Mufti Amir Sultan, I., & Faujan, M. (2021). *Pengaruh rendaman asam terhadap kuat tekan beton dengan penambahan fly ash*. 11(1), 61–68.

Nurhuda, I., Arni Priastiwi, Y., Ardidawa, V., & AlFahd Nizami, C. (2022). Daya Tahan Mortar Geopolimer dan Mortar Semen Portland Pozzolan (PPC) Terhadap Larutan Asam Sulfat. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(2), 219–229.

Pandiangan, J. A., Olivia, M., & Darmayanti, L. (2006). *Ketahanan Beton Mutu Tinggi di Lingkungan Asam Jaya. 1*.

Rizky, S. V. (2023). Program Studi D-Iv Teknik Konstruksi Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta. *Repository.Pnj.Ac.Id*. [https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/357/%0Ahttps://repository.pnj.ac.id/id/eprint/357/1/4TKG1_TASYA PUTRI ARTANTI_HALAMAN IDENTITAS.pdf](https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/357/%0Ahttps://repository.pnj.ac.id/id/eprint/357/1/4TKG1_TASYA%20PUTRI%20ARTANTI_HALAMAN%20IDENTITAS.pdf)

Semen, B. B. (2021). *TINJAUAN CAMPURAN BETON NORMAL DENGAN PENGGUNAAN padat . Umumnya beton sudah banyak digunakan di berbagai jenis konstruksi , khususnya pada dibangun konstruksi , maka berkembanglah berbagai jenis beton menurut karakteristik dan*. 2(1), 34–45.

SNI 2493:2011. (2011). SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 23. www.bsn.go.id

Solikin, M., Setiawan, B., Afani, I. R., Rizki Perdana, H., Sabrina, N., Fatoni, R., & Pratiwi, D. I. (2024). Analisis Serangan Sulfat pada Self Compacting Concrete (SCC) menggunakan Variasi Penambahan Silica fume dengan Metode Perubahan Panjang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 09(01), 115–126. <https://doi.org/10.29244/jsil.9.1.115-126>



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

Sultan, M. A., Gaus, A., Arif, K., Barmawi, N., Studi, P., Sipil, T., Khairun, U., Studi, P., Elektro, T., Khairun, U., Studi, P., Kimia, P., & Khairun, U. (2020). *PASIR LAUT DAN AIR LAUT dari bahan bakar fosil dan inhibitor organik alami yang terbuat dari ekstrak tanaman untuk pencegahan korosi . Inhibitor ini telah menjadi prioritas bagi para* (Vol. 10, Issue 1).

Susilowati, A., & Ginting, S. (2021). Pengaruh Penambahan RD 31 pada Beton dengan Substitusi Ground Granulated Blast Furnance Slag. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 6(3), 191. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v6i3.191>

Yadav, T. (2019). Analysis of Effect of Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) on the Mechanical Properties of Concrete using Destructive and Non-destructive Tests. *Journal of Mechanics of Continua and Mathematical Sciences*, 14(1), 78–90. <https://doi.org/10.26782/jmcms.2019.02.00006>

Zuraidah, S., Antow, A. K., Sujatmiko, B., & Hastono, B. (2023). *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi) Pengaruh Penambahan Fiber Paku Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Effect of Fiber Nails Addition on the Compressive and Tensile Strength of Concrete*. 2. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p119-125>

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**