

56/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2025

Kualitas Beton Normal Di Lingkungan Air Laut Menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) Sebagai Substitusi Parsial Semen



Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV

Politeknik Negeri Jakarta

Disusun Oleh:

Ibanes Jean Gayatri Achmad

NIM 2101421069

Pembimbing:

Amalia, S.Pd., S.S.T., M.T.

NIP 197401311998022001

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

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:

Kualitas Beton Normal Di Lingkungan Air Laut Menggunakan Ground Granulated Furnacer Slag (GGBFS) Sebagai Substitusi Parsial Semen yang disusun oleh Ibanes Jean Gayatri Achmad (2101421069) telah disetujui dosen pembimbing untuk diperbolehkan dalam Sidang Skripsi Tahap II



Amalia, S.Pd., S.S.T., M.T.

NIP 197401311998022001



HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi berjudul:

**Kualitas Beton Normal Di Lingkungan Laut Menggunakan Ground Granulated
Furnace Slag (GGBFS) Sebagai Substitusi Parsial Semen**

yang disusun oleh Ibanes Jean Gayatri Achmad (2101421069) telah dipertahankan dalam
Sidang Skripsi Tahap 2 di depan tim penguji pada hari senin tanggal 30 Juni 2025

	Nama Tim Penguji	Tanda tangan
Ketua	Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T. NIP. 197303181998022004	
Anggota 1	Lilis Tiyani, S.T., M.Eng. NIP. 199504132020122025	
Anggota 2	Rafie Itharani Ulkhaq, S.T., M.T. NIP. 199510112024062001	

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



Istiaun, S.T., M.T.

NIP. 196605181990102001

Hak Cipta :

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



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ibanes Jean Gayatri Achmad

NIM : 2101421069

Program Studi : D4 Teknik Konstruksi Gedung

Alamat Email : ibanes.jean.gayatri.achmad.ts21@mhs.wpnj.ac.id

Judul Naskah : Kualitas Beton Normal Di Lingkungan Air Laut Menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) Sebagai Substitusi Parsial Semen

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.

Depok, 21 Juli 2025

Yang menyatakan,

Ibanes Jean Gayatri Achmad

- 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 ke hadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan berkat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Kualitas Beton Normal Di Lingkungan Laut Menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) Sebagai Substitusi Parsial Semen”. Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan dari Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, semangat, dan bimbingan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Ibu Amalia, S.Pd., S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing penulis atas bimbingan, arahan, masukan, semangat, motivasi yang diberikan dalam membimbing peneliti serta segala kemudahan birokrasi selama ini. Terima kasih yang sebesar – besarnya atas segala bantuan yang Ibu berikan, yang selalu menyemangati dan menginspirasi. Sungguh suatu kehormatan dan rasa bangga, peneliti berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan Ibu.
2. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, terima kasih atas kemudahan birokrasi yang diberikan kepada peneliti.
3. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak dan Ibu seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta. Terutama Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Konstruksi Gedung yang telah memberikan ilmu pengetahuan, mendidik, dan membimbing peneliti selama perkuliahan. Rasa hormat dan bangga, peneliti bisa berkesempatan diajarkan dan dibimbing oleh Bapak dan Ibu Dosen. Semoga Bapak dan Ibu selalu dilimpahkan kesehatan, kemudahan, dan dalam lindungan-Nya.
5. Seluruh staf Jurusan Teknik Sipil, dan perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta, yang telah membantu dan memudahkan segala urusan administrasi dan penelitian peneliti selama berkuliah di Teknik Sipil PNJ.

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

6. Bapak Anggiet selaku pembimbing industri penulis atas bimbingan, arahan, motivasi, masukan, yang diberikan kepada penulis. Terima kasih yang sebesar – besarnya atas segala bantuan yang Bapak berikan, yang selalu menginspirasi.
7. Seluruh staf PT. Nexco Indonesia, yang sudah memberi kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian dan membantu segala kebutuhan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
8. Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Papaku tercinta, Bapak Achmadi, SE, dan Mamaku tersayang, Ibu Tasri**, atas doa, dukungan, dan cinta yang tiada henti. Terima kasih telah menjadi orang tua yang luar biasa dan selalu mendampingi setiap langkah penulis, bahkan ikut berjuang dalam proses ini. Tanpa kalian, pencapaian ini tak mungkin terwujud. Semoga terselesaikannya skripsi ini menjadi bentuk kecil dari rasa hormat dan terima kasih atas semua pengorbanan dan kasih sayang yang telah diberikan. Khusus untuk Mamaku, meski tidak sempat mengenyam bangku perkuliahan, penulis berharap perjalanan ini bisa menjadi jawaban atas doa dan harapan yang Mama titipkan selama ini.
9. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada abang-abangku tersayang, khususnya kepada **Haekal Sultan Kahfi, S.T**, yang telah menjadi sosok penuntun sejak awal perjalanan ini dimulai. Terima kasih atas arahan, dukungan, dan motivasi yang A’Kapi berikan saat penulis masih diliputi kebingungan untuk menentukan pilihan kuliah dan jurusan. Tanpa dorongan dan keyakinan yang A’Kapi tanamkan, penulis mungkin tidak akan melangkah sejauh ini hingga akhirnya bisa menyelesaikan studi di bidang teknik sipil. Terima kasih telah menjadi bagian penting dari perjalanan ini.
10. Ucapan terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan seperjuangan dalam topik penelitian material, yaitu **Chintya Amalia Putri, Haudiah Hakim, Muhammad Ihsan, dan Omar Agustiano Nardini**, yang telah bersama-sama melalui setiap proses, mulai dari awal persiapan, pencampuran material, hingga pelaksanaan sidang skripsi. Semangat kolaborasi, saling mendukung, dan kebersamaan yang terjalin selama proses ini menjadi salah satu kekuatan besar yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik.



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

11. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada diri sendiri, yang telah bertahan, berjuang, dan terus melangkah meskipun tidak selalu mudah. Terima kasih telah memilih untuk tidak menyerah saat dihadapkan pada rasa lelah, ragu, dan tekanan. Terima kasih telah percaya bahwa setiap proses memiliki makna, dan bahwa usaha yang sungguh-sungguh akan menemukan jalannya. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat bahwa penulis mampu, layak, dan pantas untuk terus melangkah lebih jauh.
12. Teman-teman Program Studi D4 Teknik Konstruksi Gedung angkatan 2021 dan khususnya kelas TKG2 angkatan 2021 yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama penulisan naskah skripsi.
13. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-satu, yang telah membantu hingga tersusunnya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan, baik dalam penulisan dan penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diterima dan diharapkan. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan senantiasa menambah wawasan bagi semua pihak.

Depok, 21 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Ibanes Jean Gayatri Achmad



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
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 Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.2 Material 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 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i>	8
2.2.6 Bahan Tambahan (<i>Admixture</i>)	10
2.3 Perawatan (<i>Curing</i>) Beton	11
2.4 Air Laut	11
2.5 Pengujian Beton Segar	12
2.5.1 Uji <i>Slump</i>	12
2.5.2 Berat Isi Beton Segar	13
2.5.3 Waktu Ikat Awal Beton Segar	13

Hak Cipta :

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



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

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

2.6	Sifat – sifat Mekanis Beton	13
2.6.1	Kuat Tekan Beton.....	13
2.6.2	Kuat Tarik Belah	14
2.6.3	Modulus Elastisitas	15
2.6.4	Tegangan Regangan	16
2.7	Penelitian Terdahulu.....	17
2.8	Analisis Data	20
BAB III METODOLOGI		21
3.1	Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian.....	21
3.2	Rancangan Penelitian	21
3.3	Alat Penelitian.....	22
3.3.1	Peralatan K3	22
3.3.2	Alat Uji Beton yang Digunakan	23
3.3.3	Alat Pengujian Beton Segar dan Beton Keras.....	24
3.4	Bahan Penelitian.....	25
3.5	Tahapan Penelitian	26
3.6	Pengujian Material	28
3.6.1	Pengujian Agregat Halus.....	28
3.6.2	Pengujian Agregat Kasar.....	32
3.6.3	Bagan pengujian Agregat	36
3.7	Perancangan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	36
3.8	Pengujian Beton Segar	40
3.8.1	Pengujian <i>Slump</i>	40
3.8.2	Pengujian Berat Isi Beton Segar	41
3.8.3	Pengujian Waktu Ikut Awal	42
3.9	Pengujian Beton Keras	42
3.9.1	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	42
3.9.2	Pengujian Kuat Tarik Belah	43
3.9.3	Pengujian Modulus Elastisitas	45
3.10	Luaran	46
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Data dan Pembahasan Pengujian Bahan Penyusun Beton	47
4.1.1	Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Halus	47
4.1.2	Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Kasar	56
4.2	Rancangan Campuran (<i>Mix Design</i>)	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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.1	Rancangan Campuran 1 m ³ Beton Normal	66
4.2.2	Kebutuhan Untuk Benda Uji.....	71
4.3	Data Pengujian Beton Segar	72
4.3.1	Pengujian <i>Slump</i>	72
4.3.2	Berat Isi Beton Segar	73
4.3.3	Waktu Ikut Awal Beton Segar	74
4.4	Data Pengujian Beton Keras	75
4.4.1	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	75
4.4.2	Pengujian Kuat Tarik Belah (Umur 28 Hari)	81
4.4.3	Pengujian Modulus Elastisitas (Umur 28 Hari)	83
BAB V KESIMPULAN.....		96
5.1	Kesimpulan	96
5.2	Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA.....		98
LAMPIRAN.....		101

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar	6
Tabel 2. 2 Gradasi Saringan Ideal Agregat Halus	7
Tabel 2. 3 Komposisi Senyawa Kimia OPC & GGBFS	8
Tabel 2. 4 Sifat Fisik GGBFS & OPC.....	9
Tabel 3. 1 Jadwal Waktu Penelitian.....	21
Tabel 3. 2 Kebutuhan Benda Uji.....	22
Tabel 3. 3 Pengujian dan Peraturan yang Digunakan Pada Penelitian Ini	36
Tabel 3. 4 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi	36
Tabel 3. 5 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara	37
Tabel 3. 6 Hubungan antara rasio air semen dengan kekuatan beton	38
Tabel 3. 7 Volume agregat kasar per satuan volume beton	39
Tabel 3. 8 Perkiraan berat awal beton	39
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	47
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus	50
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	51
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	53
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	54
Tabel 4. 6 Data Pengujian Analisis Ayak Agregat Halus	55
Tabel 4. 7 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	56
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar	59
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	61
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	63
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.....	64
Tabel 4. 12 Data Pengujian Analisis Ayak Agregat Kasar	65
Tabel 4. 13 Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara.....	67
Tabel 4. 14 Volume agregat kasar per satuan volume beton	68
Tabel 4. 15 Perkiraan Awal Berat Beton	68
Tabel 4. 16 Perkiraan Awal Berat Beton	69
Tabel 4. 17 Proporsi Campuran 0% GGBFS	71
Tabel 4. 18 Proporsi Campuran 20% GGBFS	71
Tabel 4. 19 Proporsi Campuran 40% GGBFS	72

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

Tabel 4. 20 Proporsi Campuran 60% GGBFS	72
Tabel 4. 21 Data Hasil Pengujian Slump	72
Tabel 4. 22 Data Pengujian Berat Isi Beton	73
Tabel 4. 23 Data Pengujian Waktu Ikut	74
Tabel 4. 24 Data Hasil Analisis Perhitungan Uji Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	76
Tabel 4. 25 Data Hasil Analisis Perhitungan Uji Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	77
Tabel 4. 26 Data Hasil Analisis Perhitungan Uji Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	79
Tabel 4. 27 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0%.....	81
Tabel 4. 28 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 20%.....	82
Tabel 4. 29 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 40%.....	82
Tabel 4. 30 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 60%.....	82
Tabel 4. 31 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Sampel I	83
Tabel 4. 32 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Sampel II	84
Tabel 4. 33 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Variasi 0% GGBFS Sampel III.....	85
Tabel 4. 34 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Variasi 20% GGBFS Sampel I	85
Tabel 4. 35 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Variasi 20% GGBFS Sampel II	86
Tabel 4. 36 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Beton 20% GGBFS Sampel III	87
Tabel 4. 37 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Beton 40% GGBFS Sampel I	87
Tabel 4. 38 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Beton 40% GGBFS Sampel II.....	88
Tabel 4. 39 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Beton 40% GGBFS Sampel III	88
Tabel 4. 40 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Beton 60% GGBFS Sampel I	89
Tabel 4. 41 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Beton 60% GGBFS Sampel II.....	90
Tabel 4. 42 Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas Beton 60% GGBFS Sampel III	90
Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas.....	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sketsa pembebanan uji kuat tekan beton.....	14
Gambar 2. 2 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	15
Gambar 2. 3 Grafik Tegangan Regangan Beton	17
Gambar 3. 1 Flowchart Metode Penelitian	27
Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus	56
Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar	66
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Slump	72
Gambar 4. 4 Grafik Berat Isi Beton Segar	73
Gambar 4. 5 Diagram Waktu Ikut Awal Beton.....	74
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari.....	77
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari.....	78
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	79
Gambar 4. 9 Diagram Rekapitulasi Kuat Tekan Beton	80
Gambar 4. 10 Diagram Kuat Tarik Belah Beton Rata – Rata	82
Gambar 4. 11 Diagram Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah Beton	83
Gambar 4. 12 Diagram Tegangan Regangan Beton 0% GGBFS Sampel I	84
Gambar 4. 13 Diagram Tegangan Regangan Beton 0% GGBFS Sampel II	85
Gambar 4. 14 Diagram Tegangan Regangan Beton 0% GGBFS Sampel III.....	85
Gambar 4. 15 Diagram Tegangan Regangan Beton 20% GGBFS Sampel I	86
Gambar 4. 16 Diagram Tegangan Regangan Beton 20% GGBFS Sampel II	86
Gambar 4. 17 Diagram Tegangan Regangan Beton 20% GGBFS Sampel III.....	87
Gambar 4. 18 Diagram Tegangan Regangan Beton 40% GGBFS Sampel I	88
Gambar 4. 19 Diagram Tegangan Regangan Beton 40% GGBFS Sampel II.....	88
Gambar 4. 20 Diagram Tegangan Regangan Beton 40% GGBFS Sampel III.....	89
Gambar 4. 21 Diagram Tegangan Regangan Beton 60% GGBFS Sampel I	89
Gambar 4. 22 Diagram Tegangan Regangan Beton 60% GGBFS Sampel II	90
Gambar 4. 23 Diagram Tegangan Regangan Beton 60% GGBFS Sampel III.....	91
Gambar 4. 24 Rekapitulasi Rata-Rata Modulus Elastisitas Umur 28 Hari	94

Hak Cipta :

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



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Skripsi.....	102
Lampiran 2 Alat dan Bahan.....	116
Lampiran 3 Dokumentasi Pengujian Agregat	122
Lampiran 4 Pembuatan Benda Uji Curing, Pengujian Beton	124
Lampiran 5 Brosur Superplasticizer.....	127



Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim dengan wilayah laut yang sangat luas. Kondisi ini menyebabkan banyaknya konstruksi yang dibangun di perairan. Beton merupakan salah satu material bangunan yang paling sering digunakan dalam infrastruktur dan bangunan. Salah satu faktor penting yang memengaruhi kualitas beton adalah kondisi lingkungan tempat beton tersebut berada (DONI, 2023). Beton yang terpapar lingkungan agresif dapat mengalami kerusakan akibat reaksi dengan air laut yang meresap ke dalamnya. Hal ini dapat menyebabkan beton kehilangan sebagian massa, kekuatan, dan kekakuan, serta mempercepat proses pelapukan (Khirunnisa et al., 2019).

Umumnya air laut mengandung garam-garam laut $\pm 3.5\%$ dari beratnya. Hal ini perlu diperhatikan karena tingginya kandungan garam pada air laut dapat mengurangi kekuatan dan keawetan beton (Khirunnisa et al., 2019). Oleh karena itu, beton yang digunakan dalam konstruksi bangunan harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban atau gaya yang bekerja. Selain itu, beton juga perlu memiliki durabilitas yang tinggi agar tidak cepat mengalami kerusakan dan dapat berfungsi sebagai struktur dalam jangka waktu yang lama (DONI, 2023).

Penggunaan beton dalam bidang konstruksi sangat berkaitan dengan produksi semen, yang merupakan salah satu komponen utama dalam pembuatan beton. Proses produksi *klinker* semen Portland menghasilkan emisi CO₂ yang signifikan. Proses pembuatan semen ini berkontribusi terhadap 8 hingga 10 persen dari total emisi CO₂ global (Ignatius Sudarsono, 2023). Salah satu cara efektif untuk mengurangi dampak lingkungan dari emisi CO₂ dalam pembuatan semen adalah dengan memanfaatkan campuran mineral sebagai pengganti parsial semen. Alternatif bahan campuran mineral sebagai pengganti sebagian semen Portland salah satunya dengan melakukan substitusi menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) (Arini et al., 2019).

Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) merupakan produk sampingan dari proses peleburan baja yang memiliki sifat pozzolanik, sehingga mampu meningkatkan kinerja beton dalam aspek kuat tekan dan daya tahan (Anwar et al., 2023). Penggunaan GGBFS dalam campuran beton memberikan berbagai manfaat strategis. Selain

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

menurunkan jejak karbon dan memanfaatkan limbah industri, penggunaan GGBFS dapat meningkatkan daya tahan beton terhadap dampak dari serangan kimia dan lingkungan yang agresif, seperti penetrasi ion klorida yang dapat mengakibatkan korosi pada tulangan (Anggara & Siregar, 2024). Namun, sangat penting untuk memahami bahwa penambahan GGBFS dapat berpengaruh pada sifat mekanis beton, termasuk modulus elastisitas. Studi menunjukkan bahwa substitusi semen dengan GGBFS dapat menyebabkan penurunan modulus elastisitas pada umur 28 hari, yang disebabkan oleh proses kimia yang lebih lambat dibandingkan dengan semen Portland (Setiadji et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu melakukan penelitian kualitas beton normal yang menggunakan *Ground Granulated Blast Surface Slag* (GGBFS) sebagai bahan pengganti semen di lingkungan laut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kualitas beton segar yang menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen pada beton?
2. Bagaimana kualitas beton keras yang menggunakan GGBFS pada lingkungan laut?
3. Berapa persentase optimum GGBFS yang dapat menghasilkan kualitas beton yang paling baik untuk di lingkungan air laut?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kualitas beton segar yang menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen pada beton.
2. Menganalisis kualitas beton keras yang menggunakan GGBFS pada lingkungan laut.
3. Menganalisis persentase yang dapat menghasilkan kualitas beton yang paling baik untuk di lingkungan air laut.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Diharapkan pada penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan khususnya berupa rekomendasi perhitungan dan pengujian untuk menggunakan material GGBFS dalam pembuatan beton mutu tinggi.



Hak Cipta :

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

2. Manfaat Praktis

Diharapkan pada penelitian ini dapat memberikan panduan praktis bagi industri konstruksi dalam memilih bahan tambah yang tepat untuk meningkatkan kualitas dan kinerja beton yang dapat diaplikasikan di dunia nyata.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta dan Laboratorium Teknologi Bahan PT. Nexco Indonesia.
2. Penelitian ini menggunakan variasi 0%, 20%, 40%, dan 60% GGBFS sebagai substitusi parsial semen.
3. Benda uji beton dibuat dengan FAS 0.38
4. Kualitas beton segar yang diteliti terdiri dari *slump*, berat isi beton segar, dan waktu ikat awal beton.
5. Kualitas beton keras yang diteliti terdiri dari kuat tekan beton, kuat tarik belah, modulus elastisitas serta diagram tegangan regangan.
6. Tidak dilakukan pengujian semen karena semen yang digunakan dalam pengujian ini sudah sesuai dengan SNI.
7. Sifat fisik dan kimia terhadap GGBFS tidak dilakukan pengujian.
8. Air laut yang digunakan berdasarkan air laut daerah Pelabuhan Ratu. Pengambilan air laut dilakukan sejauh 300 m dari daratan. Tidak dilakukan pengujian fisika maupun kimia terhadap air laut yang digunakan.
9. Pasir yang digunakan yaitu Jalumpang.
10. Produk *superplasticizer* yang digunakan adalah *Nexplast N 6035* by Nexco Indonesia.
11. Semen yang digunakan adalah *Ordinary Portland Cement (OPC)*.

1.6 Sistematika Penulisan

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



Hak Cipta :

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

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, manfaat penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan secara umum.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tinjauan pustaka atau teori pendukung yang menjadi dasar dalam menganalisis permasalahan yang diteliti. Dalam bab ini juga disertakan penelitian terlebih dahulu yang sudah membahas topik yang akan penulis teliti.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

4. BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai data, *mix design*, dan hasil pengujian.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap kualitas beton normal dengan substitusi GGBFS sebagai pengganti sebagian semen pada lingkungan laut melalui metode perendaman air laut, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan GGBFS hingga 60% sebagai substitusi semen tidak memengaruhi nilai slump, sehingga *workability* beton tetap sesuai standar. Penambahan GGBFS juga meningkatkan berat isi beton serta memperlambat waktu ikat awal akibat reaksi hidrasi yang lebih lambat, yang mendukung terbentuknya struktur mikro yang lebih padat dan homogen. Secara keseluruhan, GGBFS memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi material, kepadatan campuran, dan potensi peningkatan durabilitas beton segar.
2. Hasil dari pengujian beton keras sebagai berikut.
 - a. Nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari didapat pada variasi 0%, 20%, 40%, 60% GGBFS sebesar 22,49 MPa, 22,24 MPa, 22,65 MPa, dan 22,18 MPa.
 - b. Nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari didapat pada variasi 0%, 20%, 40%, 60% GGBFS sebesar 21,14 MPa, 22,09 MPa, 23,59 MPa, dan 22,47 MPa.
 - c. Nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari didapat pada variasi 0%, 20%, 40%, 60% GGBFS sebesar 25,11 MPa, 26,18 MPa, 26,33 MPa, dan 23,22 MPa.
 - d. Nilai kuat tarik belah pada umur 28 hari didapat pada variasi 0%, 20%, 40%, 60% GGBFS sebesar 1,44 MPa, 1,82 MPa, 1,42 MPa, dan 1,48 MPa.
 - e. Nilai modulus elastisitas pada umur 28 hari didapat pada variasi 0%, 20%, 40%, 60% GGBFS sebesar 7853,23 MPa, 9502,06 MPa, 11511,17 MPa, dan 6820,56 MPa.
3. Pengujian mekanis menunjukkan bahwa variasi 40% GGBFS merupakan kadar optimum karena menghasilkan kuat tekan dan modulus elastisitas tertinggi pada umur 28 hari, serta kinerja terbaik di lingkungan laut. Variasi 20% memberikan kuat tarik belah tertinggi, mengindikasikan peningkatan ikatan antar partikel. Secara keseluruhan, penggunaan GGBFS pada kisaran 20–40% efektif meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan durabilitas 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

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Penggunaan agregat halus dapat divariasikan dengan jenis pasir lainnya untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat beton.
2. Nilai Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan dapat divariasikan dengan angka lain guna mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan dan karakteristik beton.
3. Dapat dilakukan perbandingan antara beton yang direndam dalam air laut dengan beton yang direndam dalam air tawar sebagai pembanding.
4. Sebelum proses pencampuran (*mixing*), penjadwalan pekerjaan perlu diatur kembali agar pengujian beton keras tidak mengalami keterlambatan.
5. **Perpanjangan Waktu Perawatan,** Mengingat lambatnya reaksi hidrasi sekunder akibat penambahan GGBFS, perlu dilakukan pengujian lanjutan pada umur beton lebih dari 28 hari (misalnya pada 56 atau 90 hari) untuk mengevaluasi perkembangan kekuatan dan modulus elastisitas secara lebih menyeluruh.
6. Pengujian modulus elastisitas dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya dengan prosedur dan peralatan yang lebih terkontrol seperti *strain gauge*, guna memperoleh hasil yang valid dan representatif. Parameter ini sangat penting dalam perencanaan struktur, terutama pada konstruksi beton di lingkungan laut yang memerlukan kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318-19, Building Code Requirements for Structural Concrete.* (n.d.).
- Anggara, M. A., & Siregar, C. A. (2024a). ANALISIS KINERJA BETON DENGAN BAHAN TAMBAH GROUND GRANULATED BLAST FURNACE (GGBF) SLAG. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 4(1), 81–90.
- Anggara, M. A., & Siregar, C. A. (2024b). ANALISIS KINERJA BETON DENGAN BAHAN TAMBAH GROUND GRANULATED BLAST FURNACE (GGBF) SLAG. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 4(1), 81–90.
- 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), 131–143.
- 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. *Konstruksia*, 10(2), 89–94.
- ASTM C 469 – 02 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*1. (n.d.).
- ASTM C 29/C 29M - (2003), Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate.* (n.d.).
- ASTM C 117 – 95, Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*1. (n.d.).
- ASTM C 469-02, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.* (n.d.).
- ASTM C403/403M-99, Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance.* (n.d.).
- 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.
- DONI, I. (2023). *PENGARUH AIR LAUT TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON DAN SIFAT FISIK BETON*.
- Elisabeth, S., Lukar, C., Pandaleke, R., & Wallah, S. (2020). Pengujian Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Menggunakan Tras Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 33–38.
- Fang, Z., Zhang, S., Qi, W., Fan, Y., Shah, S. P., & Zheng, J. (2024). Study on the Binding Behavior of Chloride Ion and Ettringite in Nano-Metakaolin Cement by Seawater Mixing and Curing Temperatures. *Materials*, 17(16), 3943.

Hak Cipta :

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

Hak Cipta :

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

- Hasanr, H., Tatong, B., & Tole, J. (2013). Pengaruh Penambahan Polypropylene Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Maj. Ilm. Mektek*, 1, 12–19.
- Hunggurami, E., Utomo, S., & Wadu, A. (2014). Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 103–110.
- Ignatius Sudarsono. (2023). *DURABILITAS BETON DENGAN BAHAN SUBSTITUSI UNTUK KONSTRUKSI DI LINGKUNGAN LAUT*.
- Khirunnisa, S., Rifqi, M. G., & Shofiâ, M. (2019). Kajian kuat tekan beton di lingkungan laut tropis Banyuwangi. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 21(2), 47–53.
- Muhammad Daffa Ramadhan. (2021). PENGARUH PENGGUNAAN GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG (GGBFS) SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP PENGUJIAN SLUMP, SETTING TIME, SERTA KUAT TEKAN BETON DENGAN PERENDAMAN AIR LAUT. *PENGARUH PENGGUNAAN GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG (GGBFS) SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP PENGUJIAN SLUMP, SETTING TIME, SERTA KUAT TEKAN BETON DENGAN PERENDAMAN AIR LAUT*.
- Priambodo, A. H., & Susilowati, A. (2019). KARAKTERISTIK BETON DENGAN CAMPURAN FLY ASH dan GGBFS (GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 1(1), 746–751.
- Ramzi, S., & Hajiloo, H. (2023). The effects of supplementary cementitious materials (SCMs) on the residual mechanical properties of concrete after exposure to high temperatures. *Buildings*, 13(1), 103.
- RENDITYAS, M. S. (2023a). *PENGARUH AIR LAUT PADA PROSES CURING DAN TREATMENT TERHADAP KEKUATAN BETON*.
- RENDITYAS, M. S. (2023b). *PENGARUH AIR LAUT PADA PROSES CURING DAN TREATMENT TERHADAP KEKUATAN BETON*.
- Setiadji, B. H., Dewabrata, H., Lie, H. A., & Subagyo, S. A. P. (2020). Studi Penggunaan Semen Slag sebagai Substitusi Semen Portland pada Beton. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 117–128.
- Shengzhao Cheng 1, L. S. 2, W. C. 3,*, H. Z. 4, P. Y. 5, L. C. 1. (n.d.). *Mechanical Properties and Chloride Penetration Resistance of Concrete Combined with Ground Granulate Blast Furnace Slag and Macro Synthetic Fiber*.
- Sitanggang, R., Hutabarat, N. S., & Ginting, R. (2022). PENGGUNAAN SUPERPLASTICIZER PADA BETON MUTU F'c 25 MPa. *JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL*, 11(2), 202–209.
- Sitohang, O. Z., Suryana, S., Listianingrum, E., & Marbelia, L. (2023). Efisiensi air di gas conditioning tower untuk mengurangi kadar SO₂ pada emisi industri semen. *Jurnal Rekayasa Proses*, 17(1), 92–98.



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

- SNI 03 – 1968 – 1990, *Metode Pengujian Analisis Saringan*. (n.d.).
- SNI 03 – 1971 – 1990, *Metode pengujian kadar air agregat*. (n.d.).
- SNI 03-1970-2008. (n.d.). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
- SNI 03-2491-2002, *Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. (n.d.).
- SNI 1969-2008. (n.d.). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.
- SNI 1972:2008, *Cara Uji Slump Beton*. (n.d.).
- SNI 1973:2008, *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton*. (n.d.).
- SNI 1974:2011, *Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. (n.d.).
- SNI 2847-2019. (n.d.). *Persyaratan Beton Struktur*.
- SNI 7656-2012. (n.d.). *Tata Cara Pemeliharaan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, Dan Beton Massa*.
- Soentpiet, B. J., Wallah, S. E., & Manalip, H. (2018). Modulus Elastisitas Beton Geopolymer Berbasis Fly Ash Dari PLTU Amurang. *Jurnal Sipil Statik*, 6(7).
- Sofyan, M., Fadilah, M. A., Azzahra, T., & Humairotunnisa, Y. D. (2022). Pengaruh Variasi Faktor Air Semen pada Pemanfaatan Slag Mutu Beton Tingkat Tinggi. *FORUM MEKANIKA*, 11(1), 38–46.
- Susilorini, R. (2004). The performance of early-age concrete with seawater curing. *Journal of Coastal Development*, 8(2).
- Syahrul, S. (2023). Efektifitas Penambahan Semen Pada Stabilitas Tanah Lokal Samarinda. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 71–80.
- Vincent, J., Natarajan, B., Amaladas, D. Das, & Cruze, D. (2023). An Evaluation of Mechanical Properties of Nano GGBFS in Concrete with Statistical Validation. *Buildings*, 13(12), 3060.
- Vindula, S. K., Chavali, R. V. P., Reddy, P. H. P., & Srinivas, T. (2019). Ground granulated blast furnace slag to control alkali induced swell in kaolinitic soils. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 13(4), 377–384.
- Wiwit Abdul Aziz. (2022). *PENGARUH AIR LAUT PADA BETON DENGAN MENGGUNAKAN GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP SETTING TIME DAN KUAT TEKAN BETON*.
- Wulandari, A. I., Alamsyah, A., & Agusty, C. L. (2021). Analisis Tegangan Regangan pada Pelat Deck dan Bottom Kapal Ferry Ro-Ro Menggunakan Finite Element Method. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 15(1), 45–52.