

No. 31/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2022

SKRIPSI

ANALISIS PENGGUNAAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON
NORMAL



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

Disusun Oleh :

Mely Duta Kinanti
NIM 1801421043

Pembimbing :

Nunung Martina, S.T., M.Si.
NIP 196703081990032001

Muhammad Fathur Rouf Hasan, S.Si., M.Si.
NIP 11042018073019920917

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2022



© 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

No. 31/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2022

SKRIPSI

ANALISIS PENGGUNAAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON
NORMAL



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

Disusun Oleh :

Mely Duta Kinanti
NIM 1801421043

Pembimbing :

Nunung Martina, S.T., M.Si.
NIP 196703081990032001

Muhammad Fathur Rouf Hasan, S.Si., M.Si.
NIP 11042018073019920917

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2022



© 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 PERSETUJUAN

Skripsi berjudul:

ANALISIS PENGGUNAAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

NORMAL yang disusun oleh **Mely Duta Kinanti (NIM 1801421043)** telah disetujui dosen pembimbing untuk di pertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap II**

© 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

Pembimbing I



Nunung Martina, S.T., M.Si.

196703081990032001

Pembimbing II



Muhammad Fathur Rouf Hasan, S.Si., M.Si.

11042018073019920917



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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

**ANALISIS PENGGUNAAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON** yang disusun oleh
Mely Duta Kinanti (NIM 1801421043) telah dipertahankan dalam **Sidang Skripsi**
2 di depan Tim Penguji pada hari Selasa tanggal 26 Juli 2022

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Drs. Agus Murdiyoto R, S.T., M.Si. NIP. 195908191986031002	
Anggota	Pratikto, S.T., M.Si. NIP. 196107251989031002	
Anggota	Erlina Yanuarini, S.T., M.T., M.Sc. NIP. 198901042019032013	

Mengetahui
**Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta**



(Dr. Dyah Nurwidyaningrum, S.T., M.M., M.Ars)
NIP. 197407061999032001



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 mengumumikan 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 : Mely Duta Kinanti
NIM : 1801421043
Prodi : D4-Teknik Konstruksi Gedung
Alamat email : mely.dutakinanti.ts18@mhs.w.pnj.ac.id
Judul Naskah : Analisis Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2021/2022 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutkan 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, 12 Agustus 2022

Yang menyatakan,

Mely Duta Kinanti
NIM 1801421043



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan YME yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Analisis Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Semen terhadap Kuat Tekan Beton”. Adapun tujuan dari penyusunan proposal skripsi ini adalah untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV Politeknik Negeri Jakarta

Pada kesempatan ini penulis bermaksud untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dan membantu penulis dalam mengerjakan proposal skripsi ini. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua dan keluarga yang tak henti-hentinya memberikan dukungan serta doa.
2. Ibu Dr.Dyah Nurwidyaningrum, ST., MM., M.Ars. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
3. Ibu Nunung Martina, S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.
4. Bapak Muhammad Fathur Rouf Hasan, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.
5. Bapak/Ibu Dosen Teknik Sipil PNJ yang telah mendukung dan membantu penulis dalam menulis proposal skripsi ini.
6. Teman-teman 4TKG1 angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan, masukan, dan motivasi selama pengerjaan proposal skripsi ini.
7. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penulisan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

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

Penulis juga menyadari bahwa dalam penulisan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun untuk menyempurnakan penulisan penelitian ini. Semoga penelitian ini nantinya dapat bermanfaat bagi pembaca, bahkan bagi penulis sendiri.

Depok, 22 Juli 2022

Mely Duta Kinanti





ABSTRAK

Di era kemajuan teknologi seperti ini, beton masih menjadi bahan konstruksi yang paling banyak digunakan untuk pembangunan. Namun, pembuatan beton dianggap berkontribusi secara signifikan bagi permasalahan lingkungan, karena kandungan material-material penyusunnya, yaitu salah satunya adalah semen. Penggunaan semen tersebut dapat dikurangi dengan cara menggantikan sebagian penggunaannya pada campuran beton dengan bahan yang memiliki sifat serupa dengan semen. Karena kandungan silika pada kaca cukup besar maka kaca berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen pada beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk kaca yang digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton normal. Penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan 30 cm sesuai SNI 03-2834-2002 dengan waktu pengujian pada beton umur 7, 14, dan 28 hari. Variasi serbuk kaca yang digunakan yaitu 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16%. Berdasarkan pengujian di umur 28 hari didapatkan hasil kuat tekan pada variasi 0% sebesar 22,805 MPa, variasi 4% sebesar 24,031 MPa, variasi 8% sebesar 17,467 MPa, variasi 12% sebesar 17,58 MPa, dan variasi 16% 5,9 MPa. Hasil dari pengujian menunjukkan nilai optimum penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton normal terdapat pada variasi 4% dengan kuat tekan 24,031 MPa.

Kata Kunci: Beton, Kuat Tekan, Serbuk Kaca

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

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Beton	7
2.2 Bahan Penyusun Beton	7
2.2.1 Agregat.....	7
2.2.2 Semen <i>Portland</i>	8
2.2.3 Air	9
2.2.4 Kaca.....	9

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

2.3	Kuat Tekan Beton	10
2.4	Penelitian Terdahulu	11
2.5	Hipotesis	12
BAB III		14
METODOLOGI PENELITIAN.....		14
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	14
3.2	Objek Penelitian.....	14
3.3	Alat Penelitian.....	15
3.3.1	Alat Pada Pemeriksaan Bahan	15
3.3.2	Alat pada Pengujian Beton.....	16
3.4	Bahan Penelitian	17
3.5	Pengumpulan Data	18
3.6	Pengujian Material	18
3.6.1	Pengujian Agregat Kasar.....	18
3.6.2	Pengujian Agregat Halus.....	22
3.6.3	Pengujian Berat Jenis Semen dan Serbuk Kaca	27
3.6.4	Pengujian XRF pada Serbuk Kaca.....	28
3.7	Perencanaan Mutu Beton	29
3.8	Pengujian Beton Segar	37
3.8.1	Pengujian Slump	37
3.8.2	Pengujian Berat Isi	37
3.8.3	Pengujian Waktu Ikut.....	38
3.9	Pengujian Kuat Tekan Beton	39
3.10	Tahapan Penelitian.....	40
3.11	Metode Analisis Data.....	40
BAB IV		42
DATA DAN PEMBAHASAN		42



Hak Cipta :

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

4.1 Data dan Pembahasan Pengujian Bahan Penyusun Beton	42
4.1.1 Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Kasar	42
4.1.2 Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Halus	49
4.1.3 Pengujian Semen dan Serbuk Kaca.....	55
4.2 Rancangan Campuran	57
4.3 Pengujian Beton Segar	65
4.3.1 Pengujian Slump	65
4.3.2 Pengujian Berat Isi	68
4.3.3 Pengujian Waktu Ikat.....	70
4.4 Pengujian Beton Keras	73
4.4.1 Pengujian Kuat Tekan 7 Hari.....	73
4.3.2 Pengujian Kuat Tekan 14 Hari.....	76
4.3.3 Pengujian Kuat Tekan 28 Hari.....	79
4.3.4 Analisa Data Perbandingan Kuat Tekan	82
BAB V.....	84
PENUTUP.....	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton.....	11
Gambar 3. 1	Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen benda uji silinder..	32
Gambar 3. 2	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm	34
Gambar 3. 3	Grafik Perkiraan Berat Beton Basah Yang Telah Selesai Dipadatkan	35
Gambar 3. 4	Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 4. 1	Grafik Gradasi Agregat Kasar	46
Gambar 4.2	Grafik gradasi agregat halus	53
Gambar 4. 3	Grafik Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).....	59
Gambar 4. 4	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 20 mm	61
Gambar 4. 5	Grafik Perkiraan Berat Beton Basa yang Telah Selesai Dipadatkan...	63
Gambar 4. 6	Grafik slump test beton segar	66
Gambar 4. 7	Grafik Berat isi beton segar	68
Gambar 4. 8	Grafik pengujian waktu ikat	71
Gambar 4. 9	Grafik nilai kuat tekan umur 7 hari.....	74
Gambar 4. 10	Grafik nilai kuat tekan umur 14 hari.....	77
Gambar 4. 11	Grafik kuat tekan umur 28 hari.....	80
Gambar 4. 12	Grafik Perbandingan Kuat Tekan	82

Hak Cipta :

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



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Pengujian	14
Tabel 3. 2 Tabel Kebutuhan Benda Uji	15
Tabel 3. 3 Tabel Nilai Deviasi Standar	30
Tabel 3. 4 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar	30
Tabel 3. 5 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan Factor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia	31
Tabel 3. 6 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton	33
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	42
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	43
Tabel 4. 3 Data Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar	44
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar	44
Tabel 4. 5 Data Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	45
Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	45
Tabel 4. 7 Data Pengujian Analisis Ayak Agregat Kasar	46
Tabel 4. 8 Data Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar	47
Tabel 4. 9 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar	47
Tabel 4. 10 Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	48
Tabel 4. 11 Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	48
Tabel 4. 12 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	49
Tabel 4. 13 Data Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	50
Tabel 4. 14 Data Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus	51
Tabel 4. 15 Data Hasil Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus	51
Tabel 4. 16 Data Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Halus	52
Tabel 4. 17 Data Hasil Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Halus	52
Tabel 4. 18 Data Pengujian Analisis Ayak Agregat Halus	53
Tabel 4. 19 Data Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus	54
Tabel 4. 20 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus	54
Tabel 4. 21 Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus	55
Tabel 4. 22 Data Pengujian Berat Jenis Semen	55
Tabel 4. 23 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Semen	56

Hak Cipta :

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

Tabel 4. 24	Data Pengujian Berat Jenis Serbuk Kaca	56
Tabel 4. 25	Data Hasil Pengujian Berat Jenis Serbuk Kaca.....	56
Tabel 4. 26	Data Hasil pengujian XRF menggunakan Helium Oksida.....	57
Tabel 4. 27	Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan Faktor air semen (0,5), dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia	58
Tabel 4. 28	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagi Macam pembetonan dalam lingkungan khusus	59
Tabel 4. 29	Perkiraan Air per Meter Kubik Beton	60
Tabel 4. 30	Proporsi campuran.....	64
Tabel 4. 31	Proporsi Campuran Setelah Dikoreksi	65
Tabel 4. 32	Kebutuhan Bahan Total untuk pengadukan setiap variasi	65
Tabel 4. 33	Hail pengujian slump pada beton segar.....	66
Tabel 4. 34	Koefisien nilai slump beton segar.....	66
Tabel 4. 35	Model Summary Nilai slump beton segar	67
Tabel 4. 36	Data Hasil Pengujian Berat Isi Beton Segar.....	68
Tabel 4. 37	Koefisien Berat Isi beton.....	69
Tabel 4. 38	Model Summary Berat Isi beton	69
Tabel 4. 39	Data Pengujian Waktu Ikat.....	70
Tabel 4. 40	Koefisien Waktu Ikat	71
Tabel 4. 41	Model Summary waktu ikat beton	72
Tabel 4. 42	Data Pengujian Kuat Tekan 7 Hari.....	73
Tabel 4. 43	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan 7 Hari	73
Tabel 4. 44	Koefisien kuat tekan umur 7 hari	74
Tabel 4. 45	Model Summary kuat tekan umur 7 hari.....	75
Tabel 4. 46	Data Pengujian Kuat Tekan 14 Hari.....	76
Tabel 4. 47	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan 14 Hari	76
Tabel 4. 48	Koefisien kuat tekan umur 14 hari	78
Tabel 4. 49	Model Summary kuat tekan umur 14 hari.....	78
Tabel 4. 50	Data Pengujian Kuat Tekan 28 hari	79
Tabel 4. 51	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan 28 hari	80
Tabel 4. 52	Koefisien kuat tekan umur 28 hari	81
Tabel 4. 53	Model Summary kuat tekan umur 28 hari.....	81



© 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 satu 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.....	89
LAMPIRAN 2.....	93





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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat dan bahan material yang semakin bervariasi dan modern pada dunia konstruksi saat ini merupakan dampak dari kemajuan teknologi. Kemajuan teknologi tersebut dimanfaatkan untuk menciptakan inovasi-inovasi baru guna meningkatkan kualitas suatu infrastruktur. Di era kemajuan teknologi seperti ini, beton masih menjadi bahan konstruksi yang paling banyak digunakan untuk pembangunan (Yaphary et al., 2017). Namun, pembuatan beton dianggap berkontribusi secara signifikan bagi permasalahan lingkungan, karena kandungan material-material penyusunnya (Raju et al., 2020; Yaphary et al., 2017). Salah satu bahan yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan dalam proses produksinya adalah penggunaan semen (Ahmed et al., 2021). Proses pembuatan semen secara keseluruhan menghasilkan kurang lebih 5% emisi karbon dioksida (CO_2) (Aliabdo et al., 2016; Pade & Guimaraes, 2007). Selain itu juga penggunaan bahan yang mengandung semen akan mengalami proses karbonasi yang akan terjadi selama masa pakai hingga pembongkaran (Pade & Guimaraes, 2007). Penggunaan semen tersebut dapat dikurangi dengan cara menggantikan sebagian penggunaannya pada campuran beton dengan bahan yang memiliki sifat serupa dengan semen.

Bahan kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian salah satunya adalah serbuk kaca. Serbuk kaca dipilih karena material pembentuk utamanya berupa silika (SiO_2) (Raju et al., 2020). Silika merupakan material pozzolan yang penggunaannya dapat meningkatkan kuat tekan pada beton (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2020). Partikel-partikel halus pada serbuk kaca dapat mengisi rongga udara pada beton untuk mengurangi jumlah retakan halus, sehingga penggunaannya dapat meningkatkan kuat tekan beton (Orouji et al., 2021).

Penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton diharapkan dapat mengurangi dampak lingkungan yang disebabkan. Selain itu, penggunaan serbuk kaca juga diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan beton dan menjadikan beton lebih mudah dikerjakan (Ibrahim, 2021).



Hak Cipta :

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

(Karwur et al., 2013) melakukan penelitian tentang kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen. Penelitian yang dilakukan menggunakan serbuk kaca yang lolos saringan No.200 dengan variasi penggunaan serbuk kaca sebesar 0%, 6%, 8%, 10%, 12%, dan 15%. Pengujian dilakukan dengan 3 variasi umur beton, yaitu pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Benda uji yang digunakan yaitu silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Banyaknya benda uji yang digunakan sebanyak 12 buah untuk setiap umur pengujian kuat tekan. Setelah dilakukan pengujian nilai kuat tekan pada umur beton 28 hari untuk variasi penambahan kaca sebesar 6%, 8%, dan 10% mengalami peningkatan terhadap kaca 0%. Namun, pada variasi kaca sebesar 12% dan 15% mengalami penurunan. Dalam penelitian tersebut nilai kuat tekan optimum didapat pada variasi kaca 10% yaitu 31,1 MPa.

Didasari dari penelitian sebelumnya, peneliti akan melakukan penelitian pengaruh penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton normal, namun dengan variasi penambahan jumlah serbuk kaca yang berbeda dan menggunakan jenis kaca yang berbeda pula. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan senyawa kimia yang bersifat pozzolan pada serbuk kaca yang akan digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada pembuatan beton normal, mendapatkan pengaruh yang dihasilkan oleh penambahan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton normal, mendapatkan jumlah penambahan serbuk kaca paling optimal terhadap kuat tekan beton normal.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen terhadap Kuat Tekan Beton Normal”

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka yang menjadi pokok masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.2.1 Apa senyawa kimia yang bersifat pozzolan pada serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen berdasarkan pengujian XRF?
- 1.2.2 Bagaimana pengaruh penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan pada beton normal?



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

1.2.3 Berapa persen kadar optimum penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap nilai kuat tekan maksimum beton normal?

1.3 Pembatasan Masalah

- 1.3.1 Benda uji dalam penelitian ini adalah berupa beton normal dengan menggunakan acuan mix design (SNI 03-2834-2002)
- 1.3.2 Penelitian ini menggunakan limbah kaca dari lampu bohlam.
- 1.3.3 Dilakukan uji properties pada serbuk kaca dengan menggunakan pengujian XRF menggunakan Helium Oksida.
- 1.3.4 Pengujian XRF pada serbuk kaca dilakukan untuk mendapatkan unsur pozzolanic pada serbuk kaca.
- 1.3.5 Penelitian ini menggunakan serbuk kaca lolos saringan No.200 sebagai bahan pengganti sebagian semen.
- 1.3.6 Penelitian ini menggunakan variasi serbuk kaca sebesar 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16% sebagai bahan pengganti sebagian semen.
- 1.3.7 Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm dengan variasi umur benda uji 7 hari, 14 hari, 28 hari.
- 1.3.8 Penelitian ini menggunakan *software* SPSS untuk melakukan analisis data dengan metode regresi

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah untuk:

- 1.4.1 Mendapatkan senyawa kimia yang terdapat pada serbuk kaca yang akan digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada pembuatan beton normal.
- 1.4.2 Menganalisis pengaruh penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan pada beton normal.
- 1.4.3 Mendapatkan kadar optimum serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap nilai kuat tekan maksimum beton normal.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan di atas, maka manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1.5.1 Bagi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil



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

Penelitian ini bermanfaat sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya atau bagi pihak-pihak yang akan melakukan penelitian tentang Analisis Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen terhadap Kuat Tekan Beton Normal.

1.5.2 Bagi Masyarakat

Penelitian ini bermanfaat sebagai sarana informasi tentang Rekayasa Bahan dalam dunia Teknik Sipil serta sebagai tambahan pengetahuan dengan memberikan bukti empiris tentang Analisis Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen terhadap Kuat Tekan Beton Normal.

1.5.3 Bagi Industri

Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai wawasan tambahan dan sarana informasi tentang Rekayasa Bahan dalam bidang konstruksi.

1.5.4 Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai wawasan tambahan dan referensi bahan kepustakaan dalam pengembangan ilmu pengetahuan terutama dalam bidang Rekayasa Bahan.

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 :

BAB I: PENDAHULUAN

BAB I berisi latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

BAB II dua merupakan tinjauan pustaka yang memuat landasan teori dan tinjauan penelitian terdahulu yang melandasi penulisan skripsi ini. Dalam bab ini juga akan diuraikan hipotesis awal peneliti.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN



BAB III merupakan metode penelitian yang memuat lokasi dan waktu penelitian, objek penelitian, alat dan bahan dalam penelitian, dan metode pengumpulan data .

BAB IV: DATA DAN PEMBAHASAN

BAB IV merupakan analisis data dan pembahasan yang memuat penyajian dan analisis data. Dalam bab ini juga akan dijelaskan mengenai hasil analisis serta pembahasannya.

BAB V: PENUTUP

BAB V adalah bab penutup yang berisi kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah pada bab 1. Selain itu, dalam bab ini berisi juga saran untuk penelitian selanjutnya .



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



Hak Cipta :

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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan hasil pengujian penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Melalui pengujian XRF menggunakan Helium Oksida didapatkan bahwa serbuk kaca yang digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pengujian ini bersifat pozzolan. Serbuk kaca yang diuji mengandung senyawa-senyawa yang juga terdapat pada semen yaitu: SiO_2 72,8%, CaO 13,7%, MgO 0,82%, dan bahan penyusun lainnya. Namun tidak ditemukan senyawa Al_2O_3 pada serbuk kaca yang diuji.
2. Penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton berpengaruh pada kuat tekan, slump, waktu ikat, dan berat isi beton segar.
 - Dengan penggunaan serbuk kaca sebesar 4% terjadi penambahan kuat tekan pada beton umur 7, 14, dan 28 hari. Kenaikannya masing-masing yaitu untuk beton umur 7 hari mengalami kenaikan 55% dengan nilai kuat tekan sebesar 14,505 MPa, umur 14 hari mengalami kenaikan 4% dengan nilai kuat tekan sebesar 21,579 Mpa, dan umur 28 hari mengalami kenaikan 5% dengan nilai kuat tekan sebesar 24,031 Mpa.
 - Penggunaan serbuk kaca cenderung meningkatkan nilai slump pada beton segar, hal tersebut dapat terjadi karena salah satu sifat serbuk kaca yaitu tidak menyerap air sehingga semakin banyak penggunaannya membuat campuran beton tidak mengikat air.
 - Penggunaan serbuk kaca dapat meningkatkan waktu ikat, hal tersebut dapat terjadi karena salah satu sifat serbuk kaca yaitu tidak menyerap air sehingga semakin banyak penggunaannya membuat campuran beton semakin lama mengikat dengan air dan membuat *setting time* beton lebih lama.
 - Penggunaan serbuk kaca cenderung membuat berat isi beton segar semakin kecil, hal tersebut dapat terjadi karena berat jenis serbuk kaca



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

jauh lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis semen, sehingga semakin banyak penambahan serbuk kaca pada beton menyebabkan berkurangnya berat isi beton tersebut.

3. Didapatkan nilai optimum penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton normal yaitu pada variasi 4% sebesar 24,031 MPa.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya menggunakan jenis kaca lain.
2. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya menggunakan variasi lebih banyak dibawah 4% untuk mengetahui kuat tekan optimum.
3. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk mengetahui pengaruh senyawa kimia pada kaca yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan beton.
4. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya menggunakan serbuk kaca yang memiliki kehalusan menyerupai kehalusan semen.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, D. (2019). *Pengujian Bahan 1*.
- Ahmed, M., Bashar, I., Tanvir, S., Ishraq, A., Jerin, I., Khatun, S., & Rahman, M. (2021). An overview of Asian cement industry : Environmental impacts , research methodologies and mitigation measures. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 1018–1039. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.024>
- Aliabdo, A. A., Elmoaty, A., Elmoaty, M. A., & Aboshama, A. Y. (2016). Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials*, 124, 866–877. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.016>
- ASTM C 29/29M. (2011). Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate 1. *Historia*, 97(1).
- ASTM C 33. (1999). Standard Specification for Concrete Aggregates1. *ASTM*, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. 1.
- ASTM C143/C143M - 10. (2014). *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. i*(Reapproved), 1–4. <https://doi.org/10.1520/C0143>
- Ibrahim, K. I. M. (2021). Recycled waste glass powder as a partial replacement of cement in concrete containing silica fume and fly ash. *Case Studies in Construction Materials*, 15(July), e00630. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00630>
- Karwur, H. Y., Tenda, R., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2013). Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 1(4), 276–281.
- Mediastika, C. E. (2019). *Kaca Untuk Bangunan*. 312.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*.
- Orouji, M., Mehdi, S., & Najaf, E. (2021). Effect of glass powder & polypropylene fibers on compressive and flexural strengths , toughness and ductility of concrete : An environmental approach. *Structures*, 33(January), 4616–4628. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.07.048>
- Pade, C., & Guimaraes, M. (2007). The CO₂ uptake of concrete in a 100 year perspective. *Cement and Concrete Research*, 37, 1348–1356. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.06.009>
- Purnomo, H., & Hisyam, E. S. (2014). Semen Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kekuatan. *Jurnal Fropil Vol 2 Nomor 1 Januari-Juni 2014*, 2, 45–55.
- Raju, A. S., Anand, K. B., & Rakesh, P. (2020). Partial replacement of Ordinary Portland cement by LCD glass powder in concrete. *Materials Today: Proceedings*, xxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.661>
- Simanullang, R., & Butar-butur, R. (2017). Pengaruh Pencampuran Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal D-3 Teknik Sipil Maret 2017*, 2(200), 7.

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

- SNI 03-2834-2002. (2002). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. In *Badan Standarisasi Nasional (BSN)*.
- SNI 03-4142-1996. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No 200 (0,075 mm). In *Badan Standarisasi Nasional (Vol. 200, Issue 200)*.
- SNI 03-6861.1-2002. (2002). *Spesifikasi Bahan Bangunan - Bagian A: Bahan Bangunan Bukan Logam*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2049-2004. (2002). Semen Portland. In *Journal of Nursing Measurement (Vol. 10, Issue 1)*. <https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>
- SNI 15-2531-1991. (1991). Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 2531.
- SNI 1968 -1990. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–5.
- SNI 1969-2008. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- SNI 1970:2008. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1971-2011. (2011). Cara Uji Kadar Air Total dengan Pengeringan. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 6.
- SNI 7656:2012. (2012a). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *Badan Standarisasi Nasional*, 52.
- SNI 7656:2012. (2012b). Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa. In *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 7974:2013. (2013). Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis. *Badan Standardisasi Nasional*, 27(5), 596–602.
- Soetjipto, I. P. (1981). *Konstruksi Beton 1*. In *Dapartemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta*.
- Wang, X., Huang, J., Dai, S., Ma, B., & Jiang, Q. (2020). Investigation of silica fume as foam cell stabilizer for foamed concrete. *Construction and Building Materials*, 237, 117514. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117514>
- Widjojoko, L. (2010). Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar. *Jurnal Teknik Sipil UBL*, 1(1), 52–59.
- Yaphary, Y. L., Lam, R. H. W., & Lau, D. (2017). Chemical technologies for modern concrete production. *Procedia Engineering*, 172, 1270–1277. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.150>
- Zhang, S., Cao, K., Wang, C., Wang, X., Wang, J., & Sun, B. (2020). Effect of silica fume and waste marble powder on the mechanical and durability properties of cellular concrete. *Construction and Building Materials*, 241, 117980. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117980>