

No. 16/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**PENGARUH *SILICA FUME* DAN SERBUK KACA
TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON NORMAL**



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

Disusun Oleh :

Kamila Fatmanegara

Nim 2201421020

Pembimbing :

Lilis Tiyani, S.T., M.Eng.

NIP 199504132020122025

Dr. Jessica Sjah, ST., MT., MSc

NIP 100211610210215891

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

2026



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi Berjudul :

PENGARUH *SILICA FUME* DAN SERBUK KACA TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON NORMAL

yang disusun oleh **Kamila Fatmanegara (2201421020)** telah disetujui dosen
pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Skripsi 2

Pembimbing 1

Lilis Tiyani, S.T., M.Eng.
NIP 199504132020122025

Pembimbing 2

Dr. Jessica Sjah, ST., MT., MSc
NIP 100211610210215891



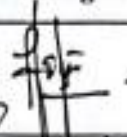
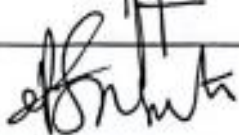
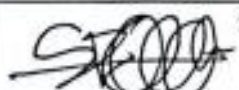
Hak Cipta :

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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul

PENGARUH *SILICA FUME* DAN SERBUK KACA TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON NORMAL yang disusun oleh **Kamila Fatmanegara (2201421020)** telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi 2 didepan Tim Penguji pada hari senin tanggal 22 Juni 2026.

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Hendrian Budi Bagus K, S.T., M.Eng. NIP 198905272022031004	
Anggota	Eka Sasmita Mulya, S.T., M.Si. NIP 196610021990031001	
Anggota	Sukarman, S.Pd., M.Eng. NIP 199306052020121013	 20/06/26

Mengetahui

**Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta**



**Istiatun, S.T., M.T.
NIP. 196605181990102001**



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini,saya:

Nama : Kamila Fatmanegara

NIM : 2201421020

Program Studi : D-IV Teknik Konstruksi Gedung

Email : kamila.fatmanegara.ts22@mhs.w.pnj.ac.id

Judul Skripsi : Pengaruh *Silica Fume* Dan Serbuk Kaca Terhadap Sifat Mekanik Beton Normal.

Naskah skripsi yang disertakan sebagai persyaratan akademik di Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, pada Tahun Akademik 2025/2026, dengan ini dinyatakan sebagai karya orisinal dari diri pribadi. Karya tulis ini tidak mengandung unsur plagiarisme terhadap hasil kerja pihak mana pun, dan belum pernah dimanfaatkan untuk keperluan akademis sebelumnya. Pernyataan ini dibuat atas kesadaran penuh dan tanpa tekanan dari luar.

Bilamana kelak diketahui adanya penyimpangan antara pernyataan ini dengan fakta yang sebenarnya dalam skripsi yang diajukan, maka naskah tersebut dinyatakan batal atau gugur secara akademis tanpa syarat. Segala bentuk sanksi yang telah ditetapkan oleh institusi sesuai peraturan yang berlaku akan diterima sebagai konsekuensi logis. Pernyataan kebenaran ini dibuat atas kesadaran sendiri, tanpa unsur paksaan, dan demi tegaknya integritas akademik.

Depok, 12 Juli 2026

Kamila Fatmanegara



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, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengaruh *Silica Fume* dan Serbuk Kaca terhadap Sifat Mekanik Beton Normal". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan Program Studi D-IV Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh isu lingkungan terkait produksi semen yang berkontribusi signifikan terhadap emisi CO₂ global serta permasalahan penumpukan limbah kaca yang sulit terurai secara alami. Hal ini mendorong eksplorasi material alternatif seperti *Silica Fume* dan serbuk kaca dalam campuran beton. Dengan memanfaatkan serbuk kaca sebagai substitusi parsial agregat halus (5%) dan *Silica Fume* sebagai substitusi parsial semen (5%, 10%, dan 15%), penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material beton yang lebih ramah lingkungan tanpa mengorbankan kualitas mekanik, khususnya kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton normal.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Istiatun, S.T., M.T. , selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan dukungan, arahan, dan fasilitas selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sipil.
2. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. , selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Konstruksi Gedung yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Konstruksi Gedung.
3. Ibu Lilis Tiyani, S.T., M.Eng. , selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Jessica Sjah, ST., MT., MSc. , selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, memberikan masukan berharga, serta bimbingan akademik yang sangat membantu dalam penyelesaian penelitian ini.



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

5. Seluruh dosen dan staf Program Studi D-IV Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan dukungan selama masa perkuliahan.
6. Keluarga tercinta, terutama ibu dan bapa, tempat di mana doa selalu dipanjatkan tanpa lelah, di mana kasih sayang mengalir tanpa pernah diminta balasan. Terima kasih untuk setiap malam yang kalian lewati dengan khusyuk dalam sujud, menyebut nama penulis dalam doa-doa panjang yang tak pernah putus. Terima kasih untuk setiap tetes keringat yang kalian curahkan, untuk setiap lelah yang kalian sembunyikan di balik senyuman, agar penulis bisa duduk tenang menimba ilmu tanpa harus memikirkan beratnya dunia. Kalian adalah alasan utama mengapa penulis masih berdiri di sini. Ketika dunia terasa keras dan penulis hampir menyerah, bayangan wajah kalian selalu menjadi pengingat bahwa ada dua malaikat yang tidak pernah lelah mendoakan. Terima kasih karena telah menjadi orang tua yang tidak hanya memberi kehidupan, tetapi juga memberi makna pada setiap langkah penulis. Doa-doa kalian adalah pelita yang menerangi jalan penulis, bahkan di saat-saat paling gelap sekalipun. Semoga Allah selalu melindungi kalian, membalas setiap kebaikan kalian dengan surga-Nya, dan memanjangkan umur kalian agar penulis bisa terus membahagiakan kalian.
7. Serta Adam Damanhuri yang senantiasa menemani penulis dalam suka maupun duka terima kasih atas segala kehadiran, kesabaran, dan ketulusannya. Begitu pula dengan Nayla dan Erina, sahabat yang selalu setia memberikan semangat dan kebersamaan. Terima kasih untuk tawa yang kalian bagi, untuk waktu yang kalian luangkan, dan untuk bahu yang selalu kalian berikan saat penulis butuh sandaran. Kalian semua adalah bagian penting dari perjalanan ini.
8. Untuk diriku sendiri, Kamila Fatmanegara, terima kasih karena telah bertahan dan terus melangkah meskipun terkadang terasa berat dan sendiri. Terima kasih karena tetap bangun di setiap pagi yang sunyi, tetap berdoa dan berzikir meski banyak hal tak sejalan dengan harapan, dan tetap berusaha saat pandangan serta perkataan orang lain terasa tidak berpihak. Terima kasih karena tidak menyerah pada situasi yang membuatmu merasa tidak cukup, tidak dianggap, dan tidak dihormati sebagaimana mestinya. Tetaplah sadar bahwa setiap ujian adalah bentuk kasih sayang-Nya, dan setiap doa serta zikir



© 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

yang kau panjatkan adalah cahaya yang tak pernah pudar. Engkau telah melewati lebih banyak hal daripada yang orang lain tahu, dan itu adalah sebuah keberanian yang patut dirayakan.

9. Seluruh teknisi dan staff Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, serta Laboratorium Bahan (Laboratorium Struktur dan Material) Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, dan pihak PT Adhimix RMC Indonesia (Kantor Operasional Lenteng Agung, Jakarta Selatan) yang telah membantu dan memfasilitasi pelaksanaan pengujian selama penelitian berlangsung.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan doa dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya dalam inovasi material beton ramah lingkungan, serta menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Kamila Fatmanegara



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Keterbaruan Penelitian.....	9
2.3 Beton	9
2.4 Beton Normal.....	10
2.5 Bahan Penyusun Beton Normal	10
2.5.1 Semen <i>Portland</i>	10
2.5.2 Agregat Halus	13
2.5.3 Agregat Kasar	14
2.5.4 Air	15
2.5.5 Bahan Substitusi Beton Normal	15
2.5.6 Bahan Tambah Cairan Kimia	19
2.6 Hipotesis.....	20

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

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



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 III METODOLOGI	21
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.2 Objek Penelitian	22
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	24
3.3.1 Peralatan Penelitian	24
3.3.2 Bahan Penelitian	30
3.4 Pengumpulan Data	31
3.5 Tahapan Penelitian	33
3.5.1 Persiapan Penelitian	33
3.5.2 Pengujian Bahan	33
3.5.3 Pengujian Agregat Kasar.....	35
3.5.4 Pengujian Agregat Halus.....	40
3.5.5 Perencanaan <i>Mix Design</i>	46
3.5.6 Pengujian Beton Segar	47
3.5.7 Pembuatan Benda Uji Beton.....	50
3.5.8 Tahap Pelepasan Cetakan dan Perawatan Benda Uji	53
3.5.9 Pengujian Beton Keras	53
3.6 Metode Analisis Data	59
3.6.1 Analisis Kuantitatif	59
3.7 Diagram Alir	63
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN	64
4.1 Analisis Data Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	64
4.1.1 Pengujian Semen.....	64
4.1.2 Pengujian Agregat Kasar.....	65
4.1.3 Pengujian Agregat Halus.....	72
4.2 Analisis Data Beton Segar	79
4.2.1 Pengujian <i>Slump</i>	79
4.2.2 Pengujian Berat Isi Beton Segar	84
4.3 Analisis Data Pengujian Beton Keras	88
4.3.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	88
4.3.2 Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	95
4.3.3 Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari dan 28 Hari.....	103
4.3.4 Pengujian Kuat Tarik Belah	106



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

4.3.5	Pengujian Kuat Lentur	115
BAB V PENUTUP		124
5.1	Kesimpulan	124
5.2	Saran.....	125
DAFTAR PUSTAKA		126
LAMPIRAN.....		130





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
Tabel 2.2 Jenis Semen Portland	12
Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Halus.....	13
Tabel 2.4 Batas Gradasi Ukuran Agregat Kasar	14
Tabel 2.5 Senyawa Penyusun <i>Silica Fume</i> Pt Growth	17
Tabel 2.6 Senyawa Penyusun Serbuk Kaca	18
Tabel 3.1 Spesifikasi Ukuran Dan Jumlah Benda Uji.....	22
Tabel 3.2 Perlengkapan K3	25
Tabel 3.3 Penetapan Nilai Slump	48
Tabel 3.4 Pengaplikasian Beton Menurut (Sni 2847, 2019a)	50
Tabel 3.5 Klasifikasi Kuat Tekan Beton (Tjokrodinuljo, 2007)	55
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Semen Opc Sni 15-2531:1991	64
Tabel 4.2 Data Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Pada Agregat Kasar	65
Tabel 4.3 Data Pengujian Berat Isi Lepas Pada Agregat Kasar	66
Tabel 4.4 Data Pengujian Bobot Isi Padat Pada Agregat Kasar	68
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Analisa Ayak Pada Agregat Kasar	69
Tabel 4.6 Data Pengujian Kadar Lumpur Pada Agregat Kasar	71
Tabel 4.7 Data Pengujian Kadar Lumpur Pada Agregat Kasar	72
Tabel 4.8 Data Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus	73
Tabel 4.9 Data Pengujian Bobot Isi Lepas Pada Agregat Halus	74
Tabel 4.10 Data Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Halus.....	76
Tabel 4.11 Data Hasil Analisis Ayak Menggunakan (Sni 03 2834, 2000).....	77
Tabel 4.12 Data Pengujian Kadar Air Pada Agregat Halus.....	78
Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Pada Agregat Halus	79
Tabel 4.14 Data Hasil Pengujian Slump Beton Segar.....	79
Tabel 4.15 Nilai Slump Berdasarkan Fungsi Beton (Sni 03 2834, 2000).....	81
Tabel 4.16 Coefficients Slump	83
Tabel 4.17 Model Summary Pengujian Slump	84
Tabel 4.18 Data Hasil Pengujian Berat Isi Beton Segar Silinder.....	84
Tabel 4.19 Data Penelitian Berdasarkan Hasil Klasifikasi (Sni-03-2834-1993).....	85
Tabel 4.20 <i>Coefficients</i> Berat Isi Beton Segar	86
Tabel 4.21 Model <i>Summary</i> Pengujian Berat Isi Beton Segar	87
Tabel 4.22 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	88
Tabel 4.23 <i>Coefficients</i> Pengujian Umur 7 Hari	89
Tabel 4.24 Model Summary Pengujian Kuat Tekan 7 Hari	90
Tabel 4.25 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	95
Tabel 4.26 Coefficients Pengujian Kuat Tekan 28 Hari.....	97
Tabel 4.27 Model <i>Summary</i> Pengujian Kuat Tekan 28 Hari.....	98
Tabel 4.30 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	104
Tabel 4.31 Rekomendasi Aplikasi Struktural Berdasarkan (Sni 2847, 2019).....	105
Tabel 4.32 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	107

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

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



© 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

Tabel 4.33 Deviasi Hasil Uji Terhadap Teoritis:	108
Tabel 4.34 Coefficients Pengujian Kuat Tarik Belah	109
Tabel 4.35 Model Summary Kuat Tarik Belah	110
Tabel 4.36 Pengaruh Variasi Kadar <i>Silica Fume</i> Terhadap Kuat Tarik Belah	111
Tabel 4.37 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Umur 28 Hari	115
Tabel 4.38 Daviasi Hasil Uji Terhadap Teoritis:	117
Tabel 4.39 <i>Coefficients</i> Kuat Lentur	118
Tabel 4.40 Model Summary Kuat Lentur	119
Tabel 4.41 Pengaruh Variasi Kadar <i>Silica Fume</i> Terhadap Kuat Lentur	120
Tabel 4.42 Data Acuan Dari Tabel 5.3.4 Aci 211.1-22	133
Tabel 4.43 Data Acuan Tabel 5.3.6 Aci 211.1-22:	135





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Agregat Halus (Pasir)	13
Gambar 2.2 Agregat Kasar (Split).....	14
Gambar 2.3 <i>Silica Fume</i>	17
Gambar 2.4 Pecahan Kaca Dan Serbuk Kaca	18
Gambar 2.5 Superplasticizer Sika® Viscocrete®-3115 N	20
Gambar 3.1 Peta Lokasi Labotarium Pnj Teknik Sipil	21
Gambar 3.2 Peta Lokasi Labotarium Ui Teknik Sipil.....	21
Gambar 3.3 Peta Lokasi Adhimix Rmc Indonesia Lenteng Agung	22
Gambar 3.4 Mesin (<i>Compression Testing Machine</i> Ctm).....	54
Gambar 3.5 Mesin (<i>Compression Testing Machine</i> Ctm).....	56
Gambar 3.6 Garis-Garis Perletakan Dan Pembebanan	57
Gambar 3.7 Diagram Alir.....	63
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1	70
Gambar 4.2 Grafik Slump Pengecoran Beton Segar.....	80
Gambar 4.3 Grafik Beton Segar.....	85
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Umur 7 Hari.	88
Gambar 4.6 Grafik Hasil Perbandingan Kuat Tekan Umur 7 Hari	95
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Kuat Tekan, Umur 28 Hari	96
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Umur 28 Hari	102
Gambar 4.9 Grafik Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari & 28 Hari	105
Gambar 4.10 Grafik Hasil Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	107
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Kuat Tarik Belah.....	114
Gambar 4.13 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur Umur 28 Hari	116
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Kuat Lentur.....	122

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 : Rancangan Mix Design	131
Lampiran 2 : Dokumentasi Pengujian Material	137
Lampiran 3 : Dokumentasi Pembuatan Dan Pengujian Benda Uji	141
Lampiran 4 : Dokumentasi Pengujian Beton Keras	142
Lampiran 5 Formulir Si-1: Lembar Pernyataan Calon Pembimbing I	143
Lampiran 6 Formulir Si-1: Lembar Pernyataan Calon Pembimbing II	144
Lampiran 7 Formulir Si-2: Lembar Pengesahan	145
Lampiran 8 Formulir Si-3: Lembar Asistensi Pembimbing I	146
Lampiran 9 Formulir Si-3: Lembar Asistensi Pembimbing II	147
Lampiran 10 Formulir Si-3: Lembar Asistensi Penguji I	148
Lampiran 11 Formulir Si-3: Lembar Asistensi Penguji II	149
Lampiran 12 Formulir Si-3: Lembar Asistensi Penguji III	150
Lampiran 13 Formulir Si-4: Lembar Persetujuan Pembimbing I	151
Lampiran 14 Formulir Si-4: Lembar Persetujuan Pembimbing II	152
Lampiran 15 Formulir Si-4: Lembar Persetujuan Pembimbing I	153
Lampiran 16 Formulir Si-4: Lembar Persetujuan Penguji II	154
Lampiran 17 Formulir Si-5: Lembar Persetujuan Penguji I	155
Lampiran 18 Formulir Si-5: Lembar Persetujuan Penguji II	156
Lampiran 19 Formulir Si-5: Lembar Persetujuan Penguji Iii	157
Lampiran 20 Formulir Si-7: Lembar Bebas Pinjaman Dan Urusan Administrasi	158

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

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 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, beton menjadi andalan utama dalam berbagai proyek konstruksi, dari rumah tinggal, gedung bertingkat, hingga jembatan. Keunggulannya terletak pada kekuatan tekan yang tinggi, kemudahan aplikasi, serta ketersediaan bahan baku yang melimpah. Meskipun demikian, di balik berbagai kelebihan tersebut, industri beton menghadapi tantangan serius terkait keberlanjutan lingkungan. Produksi semen Portland sebagai komponen pengikat utama beton diketahui melepaskan emisi CO₂ dalam jumlah besar ke atmosfer. (Jafar & Jamaaludin, 2024) menjelaskan bahwa proses produksi semen menyumbang sekitar 7% dari total emisi CO₂ global, sehingga industri semen menjadi salah satu kontributor signifikan terhadap pemanasan global. Kondisi ini mendorong berbagai upaya untuk mengurangi penggunaan semen melalui pemanfaatan material alternatif maupun bahan tambah mineral.

Salah satu inovasi yang mulai banyak dikaji adalah penggunaan limbah kaca yaitu untuk menggantikan sebagian agregat halus dalam campuran beton. Kandungan silika (SiO₂) yang dominan pada material ini membuka peluang untuk meningkatkan karakteristik mekanis beton. Di samping itu, pemanfaatan *Silica Fume* sebagai bahan aditif mineral juga menarik perhatian para peneliti. Sifatnya yang amorf, berukuran sangat halus, dan kaya akan silika menjadikannya kandidat kuat untuk meningkatkan mutu beton (Indira & Khair, 2023) melalui pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)* melaporkan bahwa kaca bening mengandung silika sekitar $\pm 73\%$. Kandungan silika yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa serbuk kaca tidak hanya berfungsi sebagai material pengisi (filler), tetapi juga memiliki potensi reaktivitas apabila digiling hingga ukuran sangat halus. Dengan ukuran partikel yang lebih kecil, serbuk kaca dapat meningkatkan kerapatan mikrostruktur beton dan mengurangi rongga dalam matriks semen.

Selain limbah kaca, penggunaan *Silica Fume* sebagai bahan tambah mineral juga banyak dikaji karena karakteristiknya yang sangat halus dan kaya akan silika amorf. (Noorfauzi et al., 2025) menjelaskan bahwa penggunaan *Silica Fume* berperan sebagai material pozzolan yang bereaksi dengan kalsium hidroksida [Ca(OH)₂] dimana didapatkan dari hasil hidrasi semen dan menghasilkan tambahan kalsium silikat hidrat (C-S-H). Produk hidrasi sekunder berefek pada peningkatan kepadatan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

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

struktur mikro beton dan penurunan porositas, sehingga kuat tekan dan sifat mekanik beton meningkat. Dalam kajian tersebut disebutkan bahwa penggunaan *Silica Fume* pada kisaran 10–15% dari substitusi dari berat semen cenderung memberikan peningkatan kuat tekan yang signifikan dibandingkan beton normal.

Efektivitas serbuk kaca yang difungsikan sebagai pengganti sebagian pasir juga ditunjukkan dalam kajian eksperimental (Amiwarti, 2019), yang menyatakan bahwa penambahan serbuk kaca dalam kadar rendah mampu meningkatkan kuat tekan beton akibat efek pengisian (*filler effect*) yang memperbaiki gradasi dan kepadatan campuran. Namun, pada kadar yang lebih tinggi, terjadi penurunan kuat tekan yang diakibatkan oleh perubahan distribusi ukuran agregat serta berkurangnya kualitas ikatan antar komponen dalam matriks beton

Berdasarkan uraian, penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi silika fume sebesar 5%, 10%, dan 15% sebagai pengganti sebagian semen, dan menetapkan kandungan bubuk kaca sebesar 5% sebagai pengganti agregat halus. Dengan parameter pengujian berupa nilai karakteristik beton tipikal berupa kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur, penelitian ini berupaya menganalisis secara terkontrol kontribusi perubahan kandungan *Silica Fume* terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dalam kondisi campuran agregat yang relatif tetap.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan informasi latar belakang yang diberikan, rumusan masalah penelitiannya adalah:

1. Bagaimana pengaruh kombinasi variasi *Silica Fume* sebesar 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan serbuk kaca sebesar 5% pada kekuatan tekan beton normal?
2. Bagaimana pengaruh kombinasi variasi *Silica Fume* sebesar 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan serbuk kaca sebesar 5% pada ketahanan tarik tidak langsung beton normal ?
3. Bagaimana pengaruh kombinasi variasi *Silica Fume* sebesar 5%, 10%, dan 15% dengan substitusi 5% serbuk kaca terhadap kuat lentur beton normal?
4. Bagaimana perbandingan ketahanan tekan, tarik tidak langsung, dan lentur pada beton normal dibandingkan beton dengan kombinasi *Silica Fume* dan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, maka ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut :

1. Mutu beton yang direncanakan dalam penelitian ini adalah beton normal dengan target kuat tekan (f'_c) sebesar 35 MPa.
2. Serbuk kaca digunakan sebagai variabel penelitian dengan kadar tetap sebesar 5% terhadap volume agregat halus.
3. *Silica Fume* yang digunakan merupakan produk PT Growth Java Indonesia dengan variasi kadar terhadap berat semen sebesar 5%, 10%, dan 15%.
4. Limbah kaca yang dimanfaatkan berasal dari kaca hijau, seperti botol kaca dan kaca lampu, yang telah dihancurkan dan diayak sesuai ukuran yang ditentukan (*200 Mess*)
5. Agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran maksimum 25 mm.
6. Pengujian sifat mekanik beton dilaksanakan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari.
7. Perancangan campuran beton (*mix design*) mengacu pada metode ACI PRC-211.1-22, sedangkan pengujian material dilakukan berdasarkan standar pengujian yang berlaku.
8. Pengujian beton difokuskan pada pengujian sifat mekanik, yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur.
9. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah menggunakan sampel silinder ($D = 15 \text{ cm}$, $t = 30 \text{ cm}$), sedangkan kuat lentur menggunakan sampel balok ($15 \times 15 \times 60 \text{ cm}$).
10. Seluruh tahapan penelitian berlangsung di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Indonesia, dan PT. Adhimix RCM.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan berikut ini ingin dicapai dengan melaksanakan penelitian ini:

1. Menganalisis pengaruh kombinasi variasi *Silica Fume* sebesar 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan serbuk kaca sebesar 5% terhadap kuat tekan 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Menganalisis pengaruh kombinasi variasi *Silica Fume* sebesar 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan serbuk kaca sebesar 5% terhadap kuat tarik belah beton normal.
3. Menganalisis pengaruh kombinasi variasi *Silica Fume* sebesar 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan serbuk kaca sebesar 5% terhadap kuat lentur beton normal.
4. Membandingkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur antara beton normal dan beton yang menggunakan kombinasi *Silica Fume* dan serbuk kaca.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat dari penelitian yang akan dilaksanakan ini:

1. Bertindak sebagai panduan bagi mahasiswa dan peneliti masa depan tentang penerapan bubuk kaca dan silika fume dalam campuran beton standar.
2. Memperluas pemahaman ilmiah tentang bagaimana perbedaan silika fume dan bubuk kaca memengaruhi kekuatan lentur, kekuatan tarik belah, dan kekuatan tekan beton.
3. Memberi informasi kepada sektor konstruksi tentang kemungkinan penggantian bubuk kaca dan silika fume dalam campuran beton.
4. Mendorong penggunaan limbah kaca dan inisiatif untuk mengurangi penggunaan semen guna menciptakan beton yang lebih ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sesuai dengan persyaratan yang relevan, sistem penulisan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup, dan sistem penulisan semuanya dibahas dalam bab pengantar ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Teori parameter kekuatan beton, seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, dan kekuatan lentur, serta hipotesis penelitian, dibahas dalam bab ini bersama dengan teori dan penelitian sebelumnya tentang beton normal, bahan komponennya, silika fume, dan bubuk 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

BAB III METODOLOGI

Bab ini menguraikan metodologi, fase pengujian, peralatan dan bahan, objek yang diteliti, variasi campuran, tempat dan waktu pelaksanaan, dan teknik pengumpulan dan analisis data.

BAB IV DATA PEMBAHASAN

Hasil pengujian, analisis data, dan penjelasan tentang bagaimana perubahan substitusi silika fume dan bubuk kaca memengaruhi kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, dan kekuatan lentur beton disajikan dalam bab ini.

BAB V PENUTUP

Bab ini menawarkan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut serta kesimpulan tentang keseluruhan percakapan.



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

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh *Silica Fume* dan serbuk kaca terhadap sifat mekanik beton normal, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kuat Tekan

Semua campuran beton berhasil melewati target kuat tekan rencana. Beton normal menunjukkan performa terbaik, sedangkan beton dengan 5% serbuk kaca tanpa *Silica Fume* mencatat nilai yang hampir sama. Hasil analisis statistik menunjukkan variasi *Silica Fume* berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton normal. Penambahan *Silica Fume* pada berbagai kadar justru menurunkan kuat tekan, di mana semakin tinggi kadar *Silica Fume*, semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan. Penurunan ini disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan air, reaksi pozzolanik yang tidak optimal, serta interaksi yang tidak sinergis antara *Silica Fume* dan serbuk kaca.

2. Kuat Tarik Belah Beton

Seluruh variasi campuran menghasilkan kuat tarik belah yang lebih tinggi dibandingkan beton kontrol, dengan variasi *Silica Fume* 15% dan serbuk kaca 5% sebagai yang tertinggi. Pola pengaruh *Silica Fume* tidak linier, di mana kadar 5% meningkat, 10% menurun, dan 15% kembali meningkat. Meskipun secara numerik terjadi peningkatan, hasil uji statistik menunjukkan variasi *Silica Fume* dan serbuk kaca belum memberikan pengaruh signifikan.

3. Kuat Lentur

Penambahan *Silica Fume* 5% tanpa serbuk kaca menghasilkan kuat lentur tertinggi. Namun, penambahan serbuk kaca 5% pada beton dengan *Silica Fume* 5% justru menurunkan kuat lentur, mengindikasikan interaksi kedua material tidak sinergis pada parameter ini. Peningkatan kadar *Silica Fume* juga menurunkan kinerja kuat lentur. Seluruh variasi menunjukkan kinerja lentur yang sangat baik dan melampaui standar yang dipersyaratkan.

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. Perbandingan dengan Beton Normal

Secara keseluruhan, beton normal masih menjadi yang terbaik untuk kuat tekan dan kuat lentur. Namun untuk kuat tarik belah, seluruh variasi dengan penambahan *Silica Fume* dan serbuk kaca menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan beton normal. Beton dengan serbuk kaca 5% tanpa *Silica Fume* menjadi variasi yang paling mendekati beton normal untuk seluruh parameter sifat mekanik, sehingga dapat menjadi alternatif ramah lingkungan tanpa mengorbankan kualitas mekanik beton secara signifikan.

5.2 Saran

1. Studi lanjutan disarankan menggunakan variasi kadar serbuk kaca yang lebih luas, seperti 3%, 5%, 7%, dan 10%, dengan *Silica Fume* tetap 5%, untuk menentukan kadar optimal serbuk kaca sebagai pengganti agregat halus.
2. Karena kadar *Silica Fume* 10% dan 15% terbukti menurunkan kuat lentur dan kuat tekan, penelitian lanjutan dapat memfokuskan variasi *Silica Fume* pada rentang yang lebih sempit, yaitu 3%, 5%, dan 7%, untuk menemukan titik optimal yang memberikan peningkatan maksimal tanpa menurunkan kinerja mekanik beton.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya menambahkan pengujian durabilitas seperti penyerapan air (porositas), permeabilitas klorida, dan ketahanan terhadap siklus basah-kering, agar pengaruh *Silica Fume* dan serbuk kaca dapat dinilai secara komprehensif tidak hanya dari sifat mekanik tetapi juga ketahanan jangka panjang beton di lingkungan agresif.



DAFTAR PUSTAKA

- ACI PRC-211.1-22. (2022). ACI PRC-211.1-22. In *American Concrete Institute*.
- Agung, A. P. (2024). *Pengaruh Penambahan Sika Viscocrete 1003, Silica Fume, Dan Serbuk Kaca Pada Self Compacting Concrete (Scc) Mutu Tinggi*. 1–11.
- Amiwarti, M. (2019). *Analisa Pengaruh Serbuk Kaca Dan Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Alternatif Terhadap Kuat Tekan Beton*. 4, 1–12.
- ASTM:C29/C29M-09. (2003). Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate. *ASTM International*, i(c), 1–5.
- ASTM C33. (2013). *ASTM C33, 2013*. 1–11. <https://doi.org/10.1520/C0033>
- Baktiar, A. A., & Lubis, Z. (2021). Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton Non-Struktural. *Jurnal Teknik*, 13(2), 73. <https://doi.org/10.30736/jt.v13i2.632>
- Damdelen, Ö., Mosaberpanah, M. A., Olabimtan, S. B., Anthony, M. D., & Oluwole, B. O. (2025). Binary effect of silica fume and waste glass powder as a cement replacement for a sustainable concrete. *Discover Concrete and Cement*, 1(1), 1–30.
- Fady. (2016). Effects of Superplasticizers on Properties of Fresh and Hardened Concrete. *Transportation Research Record*, 720, 1–7.
- Gabriella Agnes Luvena Suwignyo, J. J. S. A. E. A. (2015). Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca Dan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 94–103. <https://doi.org/10.24002/jts.v13i2.971>
- Ilham Nuruddin. (2022). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Pada Campuran Beton Mutu Tinggi*.
- Indira, B. S., & Khair, M. (2023). Uji X-Ray Fluorescence Pada Limbah Kaca Bening Untuk Analisis Silika Dan Oksida Terkait. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(1), 92–96.
- Jafar, & Jamaaludin. (2024). Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Dan Silica Fume Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Propertis Mekanik Beton. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 25(2), 69–77.
- Jamaaluddin Kisna Hafizh. (2022). *Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Dan Silica Fume Sebagai Substitusi*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

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



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

Parsial Semen Pada Campuran Beton Normal.

- Julmile, E. M., Phengkarsa, F., & Tonapa, S. R. (2023). Pengaruh Silica Fume dan Pecahan Batu Marmer Sebagai Bahan Substitusi Pada Campuran Beton. *Paulus Civil Engineering Journal*, 5(1), 29–39. <https://doi.org/10.52722/pcej.v5i1.588>
- Kathuda. (2009). Influence of silica fume on strength characteristics of high strength concrete. *Influence of Silica Fume on High Strength Lightweight Concrete*, 6(2), 28–31.
- Mulyono. (2015). *Teknologi beton*: 62(21).
- Noorfauzi, A. R., Gaby, S. R. P., & Attamimi, T. A. (2025). Silica Fume Sebagai Bahan Pengikat Tambahan Beton: Tinjauan Sistematis Peningkatan Kinerja Dan Keberlanjutan. *Jurnal Rekayasa Konstruksi*, 4(1), 17–27.
- Olii, M. R., Poe, I. E., Ichsan, I., Olii, A., Teknik, P. S., Teknik, F., & Gorontalo, U. (2021). *AGREGAT HALUS UNTUK BETON RAMAH LINGKUNGAN*. 11(1), 113–124.
- Park, Y. J., Lee, H. S., & Seo, T. S. (2024). Experimental Study on Properties of Graphene and Hollow Glass Powder-Added Ultra-High Strength Concrete. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-024-00668-x>
- Semmana, O., Rihan, M. A. M., Barrie, Z. M., Daniel, C., & Abdalla, T. A. (2025). A Systematic Review of the Strength, Durability, and Microstructure Properties of Concrete Incorporating Glass Powder. *Engineering Reports*, 7(1), 1–17. <https://doi.org/10.1002/eng2.70002>
- SII NO.52 1980. (n.d.). 0–5.
- SNI-03-2834-1993. (1993). 03-2834.
- SNI-03-2834. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*.
- SNI-1971-2011. (n.d.). *SNI-1971-2011*.
- SNI-1972. (2008). SNI-1972:Cara Uji Slump Beton. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI-1974-2011. (2011). *Badan Standarisasi Nasional Cara Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*.
- SNI 03 2834. (2000a). Penggunaan Abu Terbang Dalam Campuran Beton Sedikit Semen Portland. *Dinas Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, September*.
- SNI 03 2834. (2000b). *SNI 03-2834-2000.pdf*.
- SNI 03 4431. (2011). *Standarisasi Nasional Indonesia 03 - 4431 - 2011 : Cara uji*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

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

kuat lentur kuat lentur beton normal dengan dua dengan dua titik pembebanan.

SNI 0302:2014. (n.d.). *Semen portland pozolan*.

SNI 15-2049. (2004). SNI 15-2049-2004: Semen portland ICS. *Badan Standardisasi Nasional*, 10(1), 5–14.

SNI 15-2531-1991. (1991). Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. *Departemen Pekerjaan Umum*, 1, 1–2.

SNI 15-7064-2004. (n.d.). Semen Portland Komposit. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–128.

SNI 1970:2008. (2008a). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standardisasi Nasional*, 7–18.

SNI 1970:2008. (2008b). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18.

SNI 1973:2008. (2008). SNI 1973:2008 Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–13.

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

SNI 2847. (2019a). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *SNI 2847-2019*, 8, 720.

SNI 2847. (2019b). SNI 2847 2019. *Sni 2847-2019*, 8, 720.

SNI 7656. (2012). Sni 7656:2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal Beton Berat Dan Beton Massa*, 1–44.

SNI Astm C136:2012. (2012). Sni Astm C136:2012. *Badan Standardisasi Nasional, Standar Nasional Indonesia*. (n.d.).

Sudarsono, I. (2024). Mechanical Properties of Silica Fume Concrete in Marine Environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1321(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1321/1/012035>

Sundariyati, N. P. A. N., Pranowo, D. D., Wari, W. N., Utanaka, A., & Khomari, M. G. (2024). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Campuran Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete) Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 29(2), 73–80. <https://doi.org/10.36728/jtsa.v29i2.3835>

Tjokrodinuljo, K. (2007). Beton.

Wibowo, M. A., Anjarwati, S., Purwokerto, U. M., Teknologi, L., Program, B., Teknik, S., Universitas, S., Purwokerto, M., Indonesia, P. B., Kaca, L., Beton, P.,



© 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

Beton, P., & Beton, T. (2025). *Pemanfaatan Limbah Kaca Dan Granit Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Kasar Terhadap Properties Beton Utilization*. 20(2).

