

No. 15/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**PENGARUH PENGGUNAAN SERAT *POLYPROPYLENE*
DAN SEMEN PUTIH TERHADAP SIFAT MEKANIK
BETON GEOPOLIMER**



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

Disusun Oleh :

Adam Damanhuri

NIM 2201421019

Pembimbing :

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

NIP 199504132020122025

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

2026



© 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 :

PENGARUH SERAT *POLYPROPYLENE* DAN SEMEN PUTIH TERHADAP KUAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER

yang disusun oleh Adam Damanhuri (NIM 2201421019) telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Skripsi

Pembimbing

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

NIP 199504132020122025



Hak Cipta :

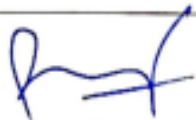
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

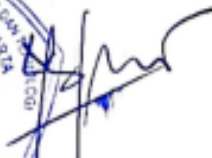
PENGARUH SERAT *POLYPROPYLENE* DAN SEMEN PUTIH TERHADAP KUAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER

yang disusun oleh **Adam Damanhuri (NIM 2201421019)** telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi T di depan tim penguji pada hari Rabu tanggal 24 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Rafie Itharani Ulkhaq, S.T., M.T. NIP. 199510112024062001	
Anggota	Nunung Martina, M.Si., S.T. NIP. 196703081990032001	
Anggota	Sukarman, S.Pd., M.Eng. NIP. 199306052020121013	

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta


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



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Adam Damanhuri

NIM : 2201421019

Program Studi : D-IV Teknik Konstruksi Gedung

Email : adam.damanhuri.ts22@mhs.w.pnj.ac.id

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Serat *Polypropylene* dan Semen Putih Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer

Sebagai penyusun skripsi di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta untuk periode akademik 2024/2025, saya menegaskan bahwa seluruh tulisan dalam karya ini murni merupakan hasil penelitian dan pemikiran saya sendiri, bukan saduran atau reproduksi dari karya orang lain. Saya juga memastikan bahwa naskah ini belum pernah saya gunakan atau daftarkan dalam forum akademik lain, baik dalam negeri maupun luar negeri. Kejujuran akademik menjadi dasar saya menyusun pernyataan ini, dan saya siap bertanggung jawab penuh apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap ketentuan yang berlaku.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa pernyataan ini memiliki konsekuensi hukum dan akademik yang mengikat. Jika pada masa mendatang ditemukan pelanggaran atau penyimpangan dari isi pernyataan yang saya buat misalnya adanya indikasi plagiarisme atau data tidak valid maka saya tidak akan mengajukan keberatan jika naskah skripsi saya dinyatakan tidak sah serta digugurkan dari proses penilaian. Lebih jauh, saya juga bersedia menjalani sanksi yang dijatuhkan oleh pihak kampus, baik bersifat administratif maupun akademis, tanpa kecuali. Semua ini saya tuliskan dengan penuh tanggung jawab dan kejujuran sebagai bagian dari komitmen saya terhadap etika keilmuan.

Depok, 12 Juli 2026

Adam Damanhuri

Hak Cipta :

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



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Serat *Polypropylene* dan Semen Putih Terhadap Kuat Mekanik Beton Geopolimer". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma Empat (D4) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh keprihatinan terhadap dampak lingkungan dari industri semen Portland yang berkontribusi signifikan terhadap emisi karbon dioksida global, serta melimpahnya limbah *fly ash* dari pembangkit listrik tenaga uap yang belum dimanfaatkan secara optimal. Beton geopolimer hadir sebagai solusi inovatif material ramah lingkungan, namun memiliki kelemahan pada sifat getas dan kuat tarik rendah yang perlu diatasi. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan serat *Polypropylene* yang memiliki keuletan tinggi dan modulus elastisitas baik, serta substitusi semen putih sebagai sumber kalsium untuk meningkatkan kinerja mekanik beton geopolimer pada perawatan suhu ruang. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh komposisi optimal yang menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur terbaik sehingga beton geopolimer dapat menjadi alternatif material konstruksi yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga memiliki performa mekanik yang kompetitif untuk diaplikasikan secara luas dalam pembangunan infrastruktur nasional.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada

1. Terimakasih kedua orang tua penulis: Sunarto dan Ariyani yang selalu menjadi penyemangat dan inspirasi bagi penulis, memberikan doa serta dukungannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Konstruksi Gedung.
4. Ibu Lilis Tiyani, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, dan saran dalam

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

penyusunan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan baik dan tepat pada waktunya.

5. Rekan-rekan satu bimbingan skripsi yaitu Kamila Fatma Negara dan Ali Ridho Zayyidan atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan selama proses.

Adam Damanhuri





DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Keterbaharuan Penelitian	11
2.3 Beton	12
2.3.1 Beton Geopolimer.....	13
2.3.2 Beton Serat.....	14
2.4 Bahan Penyusun Beton Geopolimer	15
2.4.1 <i>Fly ash</i> (Abu Terbang)	15
2.4.1.1 Karakteristik <i>Fly ash</i> Kelas F.....	16
2.4.1.2 Komposisi Kimia <i>Fly ash</i> Kelas F	16
2.4.2 <i>Ordinary Portland Cement</i> (OPC)	17
2.4.3 <i>White Portland Cement</i> (WOPC).....	18
2.4.4 Agregat Halus	20
2.4.5 Air Alkali Aktivator	20
2.4.5.1 Natrium Hidroksida (NaOH)	21
2.4.5.2 Natrium Silikat (Na ₂ SiO ₃)	23
2.4.6 Bahan Tambah.....	24

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

2.4.6.1	Serat <i>Polypropylene</i>	24
2.5	Hipotesis.....	26
BAB III METODOLOGI		27
3.1	Metodologi Penelitian	27
3.2	Variabel Penelitian	28
3.3	Hubungan Antar Variabel.....	29
3.4	Objek Penelitian.....	30
3.5	Peralatan dan Bahan Penelitian.....	31
3.5.1	Peralatan Penelitian.....	31
3.5.2	Bahan Penelitian	34
3.6	Pengumpulan Data	35
3.7	Tahapan Penelitian	35
3.7.1	Persiapan Penelitian	36
3.7.2	Pengujian Bahan	36
3.7.2.1	Pengujian Berat Jenis Semen OPC	36
3.7.2.2	Pengujian Berat Jenis <i>Fly ash</i>	37
3.7.2.3	Pengujian Agregat Halus.....	38
3.7.3	Perencanaan Mix Design	44
3.7.4	Pengujian Beton Segar	49
3.7.4.1	Pengujian <i>Slump Test</i>	49
3.7.4.2	Pengujian Berat Isi	51
3.7.5	Pembuatan Benda Uji Beton.....	52
3.7.6	Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	54
3.7.7	Pengujian Beton Keras.....	54
3.7.7.1	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	55
3.7.7.2	Pengujian Kuat Tarik Belah	56
3.7.7.3	Pengujian Kuat Lentur	58
3.8	Metode Analisis Data	60
3.8.1	Analisis Kuantitatif	60
3.9	Diagram Alir	63
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN		64
4.1	Analisis Data Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	64
4.1.1	Pengujian Binder.....	64
4.1.1.1	Pengujian Berat Jenis Semen OPC	64



Hak Cipta :

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

4.1.1.2	Pengujian Berat Jenis <i>Fly ash</i>	65
4.1.2	Pengujian Agregat Halus.....	65
4.1.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Halus	65
4.1.2.2	Pengujian Bobot Isi Lepas dan Rongga Udara Agregat Halus	67
4.1.2.3	Pengujian Bobot Isi Padat dan Rongga Udara Agregat Halus	69
4.1.2.5	Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus.....	70
4.1.2.6	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	71
4.1.2.7	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	72
4.2	Analisis Data Beton Segar	73
4.2.1	Pengujian <i>Slump</i>	73
4.2.2	Pengujian Berat Isi Beton Segar	79
4.3	Analisis Data Pengujian Beton Keras	82
4.3.1	Pengujian Kuat Tekan	82
4.3.1.1	Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	83
4.3.1.2	Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	87
4.3.1.3	Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari dan 28 Hari.....	92
4.3.2	Pengujian Kuat Tarik Belah	99
4.3.3	Pengujian Kuat Lentur	107
4.3.4	Tabulasi Hasil Seluruh Pengujian Sifat Mekanik	114
4.3.4.1	Perbandingan Kinerja Antar Variasi Campuran	115
4.3.4.2	Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur	116
4.3.4.3	Kesimpulan Singkat Variasi Terbaik untuk Setiap Parameter.....	117
4.3.4.4	Variasi Terbaik Setiap Pengujian Mekanik Beton.....	118
4.3.5	Analisis Pola Retak	119
4.3.5.1	Analisis Pola Retak pada Pengujian Kuat Lentur	119
BAB V PENUTUP		121
5.1	Kesimpulan	121
5.2	Saran.....	122
DAFTAR PUSTAKA		123
LAMPIRAN.....		129



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Beton Geopolimer dan Serat <i>Polypropylene</i>	6
Tabel 2.2 Persyaratan Kimia <i>Fly ash</i> Kelas F (ASTM C618-19)	17
Tabel 2.3 Komposisi Kimia <i>Fly ash</i> Kelas F dari Berbagai Sumber	17
Tabel 2.4 Persyaratan Kimia Semen Portland Putih (SNI 15 2049, 2004)	19
Tabel 2.5 Komposisi Kimia Semen Putih	19
Tabel 2.6 Batas Gradasi Agregat Halus.....	20
Tabel 2.7 Spesifikasi Natrium Hidroksida (NaOH) Teknis.....	22
Tabel 2.8 Komposisi Kimia Natrium Silikat (Na_2SiO_3).....	23
Tabel 2.9 Sifat Fisik dan Mekanik Serat <i>Polypropylene</i>	25
Tabel 3.1 Variabel Bebas Penelitian	28
Tabel 3.2 Variabel Terikat Penelitian	28
Tabel 3.3 Variabel Kontrol Penelitian	29
Tabel 3.4 Jumlah Variasi Beserta Pengujiannya	30
Tabel 3.5 Rekap Kebutuhan Control 1	45
Tabel 3.6 Rekap Kebutuhan Control 2	45
Tabel 3.7 Rekap Kebutuhan Variasi 1	47
Tabel 3.8 Rekap Kebutuhan Variasi 2	48
Tabel 3.9 Rekap Kebutuhan Variasi 3	49
Tabel 3.10 Penetapan Nilai <i>Slump</i>	50
Tabel 3.11 Berat Isi Beton Menurut (Tjokrodinuljo, 2007)	52
Tabel 3.12 Klasifikasi Kuat Tekan Beton (SNI 2847, 2019)	56
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Semen OPC	64
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Fly ash</i>	65
Tabel 4.3 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	65
Tabel 4.4 Data Pengujian Bobot Isi Lepas pada Agregat Halus	67
Tabel 4.5 Data Pengujian Bobot Isi Padat pada Agregat Halus	69
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Analisa Ayak pada Agregat Halus	70
Tabel 4.7 Data Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus	71
Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus.....	72
Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian Slump Beton Segar	73
Tabel 4.10 Nilai <i>slump</i> tiap variasi berdasarkan fungsi beton (SNI 03 2834, 2000) .	76
Tabel 4.11 <i>Coefficients Slump</i>	77
Tabel 4.12 Model <i>Summary</i> Pengujian <i>Slump</i>	78
Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian Berat Isi Beton Segar Silinder	79
Tabel 4.14 Evaluasi Kesesuaian Nilai Berat Isi Berdasarkan (Tjokrodinuljo, 2007)	80
Tabel 4.15 <i>Coefficients</i> Berat Isi Beton Segar	81
Tabel 4.16 Model <i>Summary</i> Pengujian Berat Isi Beton Segar	82
Tabel 4.17 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	83
Tabel 4.18 <i>Coefficients</i> Pengujian Kuat Tekan 7 Hari	86
Tabel 4.19 Model <i>Summary</i> Pengujian Kuat Tekan 7 Hari	87
Tabel 4.20 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	87

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Tabel 4.21 <i>Coefficients</i> Pengujian Kuat Tekan 28 Hari	91
Tabel 4.22 Model <i>Summary</i> Pengujian Kuat Tekan 28 Hari.....	91
Tabel 4.23 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	92
Tabel 4.24 Klasifikasi dan Aplikasi Kuat Tekan Beton Menurut (SNI 2847, 2019)..	98
Tabel 4.25 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	100
Tabel 4.26 <i>Coefficients</i> Pengujian Kuat Tarik Belah 28 Hari	106
Tabel 4.27 Model <i>Summary</i> Pengujian Kuat Tarik Belah 28 Hari.....	106
Tabel 4.28 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Umur 28 Hari	107
Tabel 4.29 <i>Coefficients</i> Pengujian Kuat Lentur 28 Hari	113
Tabel 4.30 Model <i>Summary</i> Pengujian Kuat Lentur 28 Hari.....	114
Tabel 4.31 Rekapitulasi Seluruh Hasil Pengujian Sifat Mekanik Beton.....	115
Tabel 4.33 Dokumentasi Pola Retak pada Pengujian Kuat Lentur	119





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Fly ash</i> (Abu Terbang)	15
Gambar 2.2 Semen Portland	17
Gambar 2.3 Semen <i>Portland</i> Putih	18
Gambar 2.4 Agregat Halus (Pasir)	20
Gambar 2.5 Larutan Aktivator Natrium Hidroksida (NaOH)	21
Gambar 2.6 Larutan Aktivator Natrium Silikat (Na_2SiO_3).....	23
Gambar 2.7 Serat <i>Polypropylene</i> untuk Beton.....	24
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Laboratorium Teknik Sipil PNJ.....	27
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UI	27
Gambar 3.3 Adhimix RMC Lenteng Agung	28
Gambar 3.4 Hubungan Antar Variabel.....	29
Gambar 3.5 Mesin Pengujian Kuat Tekan	56
Gambar 3.6 Pengujian Kuat Tarik Belah	57
Gambar 3.7 Garis-garis Perletakan dan Pembebanan.....	58
Gambar 3.8 Pengujian Kuat Lentur Balok.....	60
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian.....	63
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1	70
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Slump Beton Segar	74
Gambar 4.3 Grafik Berat Isi Beton Segar Silinder	79
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	84
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	89
Gambar 4.6 Grafik Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari & 28 Hari.....	92
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	101
Gambar 4.8 Grafik Pengujian Kuat Lentur Umur 28 Hari	109
Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Setiap Pengujian Sifat Mekanik Beton	115

Hak Cipta :

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



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Mix Design Metode Absolute	130
Lampiran 2 Dokumentasi Pengujian Bahan.....	137
Lampiran 3 Dokumentasi Pembuatan dan Pengujian Benda Uji.....	138
Lampiran 4 Dokumentasi Pengujian Beton Keras	139
Lampiran 5 Formulir SI-1: Lembar Pernyataan Calon Pembimbing.....	140
Lampiran 6 Formulir SI-2: Lembar Pengesahan.....	141
Lampiran 7 Formulir SI-3: Lembar Asistensi Pembimbing.....	142
Lampiran 8 Formulir SI-3: Lembar Asistensi Penguji 1	143
Lampiran 9 Formulir SI-3: Lembar Asistensi Penguji 2.....	144
Lampiran 10 Formulir SI-3: Lembar Asistensi Penguji 3.....	145
Lampiran 11 Formulir SI-4: Lembar Persetujuan Pembimbing Sebelum Sidang ...	146
Lampiran 12 Formulir SI-4: Lembar Persetujuan Pembimbing Sesudah Sidang	147
Lampiran 13 Formulir SI-5: Lembar Persetujuan Penguji 1.....	148
Lampiran 14 Formulir SI-5: Lembar Persetujuan Penguji 2.....	149
Lampiran 15 Formulir SI-5: Lembar Persetujuan Penguji 3.....	150
Lampiran 16 Formulir SI-7: Lembar Bebas Pinjaman dan Urusan Administrasi....	151

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

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

Industri konstruksi menghadapi tantangan lingkungan serius dari produksi semen Portland yang menyumbang 7–8% emisi CO₂ global (Mohamed & Zuaiter, 2024). Beton geopolimer hadir sebagai solusi inovatif ramah lingkungan yang memanfaatkan limbah *fly ash* dari pembangkit listrik, dengan potensi reduksi emisi karbon hingga 80% (Sathvik et al., 2023; Singaram et al., 2025). Material ini menawarkan kuat tekan awal yang tinggi dan ketahanan terhadap lingkungan agresif, menjadikannya alternatif konstruksi berkelanjutan yang menjanjikan.

Meskipun unggul secara lingkungan, beton geopolimer berbasis *fly ash* memiliki kelemahan fundamental berupa sifat getas (*brittle*) dan kuat tarik yang rendah (Habib Ali et al., 2024; Parikesit Suryo Anggoro, 2019). Kelemahan ini membatasi penggunaannya pada elemen struktur yang menerima beban tarik atau lentur. Untuk mengatasinya, para peneliti mengembangkan dua pendekatan utama: (1) modifikasi *binder* dengan sumber kalsium seperti semen putih, dan (2) perkuatan dengan serat sintetis seperti serat *polypropylene* (PP).

Penelitian (Tjoanto et al., 2021) membuktikan bahwa substitusi semen putih 10% pada beton geopolimer dengan perawatan suhu ruang meningkatkan kuat tekan hingga 26,51 MPa, dengan kenaikan rata-rata 37,19% dari umur 7 ke 28 hari. (Pati et al., 2021) juga menemukan bahwa penambahan semen putih yang sama meningkatkan kuat tarik belah hingga kisaran 2,03–2,5 MPa pada umur 28 hari. Peningkatan ini disebabkan oleh pembentukan gel C-S-H tambahan yang memperkuat matriks geopolimer (Hoy et al., 2025). Kedua penelitian ini mengonfirmasi efektivitas semen putih pada perawatan suhu ruang.

Penelitian (Habib Ali et al., 2024) menunjukkan bahwa serat PP 0,5% meningkatkan kuat tarik belah hingga 2,767 MPa, namun kadar di atas 0,5% menurunkan kuat tekan akibat berkurangnya *workability*. (Parikesit Suryo Anggoro, 2019) juga melaporkan bahwa kuat tarik belah meningkat seiring kadar serat (hingga 4,1158 MPa), sementara kuat tekan optimum justru pada kadar serat lebih rendah (0,6 kg/m³). Serat PP bekerja secara mekanis melalui mekanisme *bridging* yang menahan retakan (Liu et al., 2024). Namun, kedua pendekatan ini semen putih dan serat PP selama ini dikaji secara terpisah. Belum ada penelitian yang mengintegrasikan



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

keduanya dalam satu sistem campuran beton geopolimer. Padahal, kombinasi keduanya berpotensi menciptakan efek peningkatan kinerja: semen putih memperbaiki kepadatan matriks, sementara serat PP memberikan perkuatan tarik yang lebih efektif pada matriks yang padat.

Selain gap kombinasi material, terdapat dua gap lain yang memperkuat urgensi penelitian ini. Pertama, penelitian serat PP pada beton geopolimer (Habib Ali et al., 2024; Parikesit Suryo Anggoro, 2019) hanya berfokus pada kuat tekan dan tarik belah, tanpa mengkaji kuat lentur padahal parameter ini penting untuk aplikasi balok, pelat, dan panel dinding. Kedua, penelitian serat PP pada beton geopolimer dengan metode perawatan suhu ruang (*ambient curing*) masih sangat terbatas; sebagian besar menggunakan *dry curing* bersuhu tinggi yang kurang praktis untuk aplikasi lapangan (Jindal, 2018). Berdasarkan ketiga celah tersebut gap kombinasi material, gap parameter pengujian, dan gap metode curing penelitian ini penting dilakukan untuk mengkaji pengaruh kombinasi substitusi semen putih 10% dan serat PP 2% terhadap sifat mekanik beton geopolimer berbasis *fly ash* kelas F secara komprehensif (kuat tekan, tarik belah, dan lentur) pada perawatan suhu ruang. Penelitian ini akan mengisi celah pengetahuan sekaligus berkontribusi pada pengembangan material konstruksi berkelanjutan yang aplikatif di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi semen putih sebesar 10% dan penambahan serat *polypropylene* sebanyak 2% terhadap kuat tekan beton geopolimer berbasis *fly ash*, baik secara statistik maupun secara mekanisme ?
2. Bagaimana pengaruh substitusi semen putih sebesar 10% dan penambahan serat *polypropylene* sebanyak 2% terhadap kuat tarik belah beton geopolimer berbasis *fly ash*, baik secara statistik maupun secara mekanisme?
3. Bagaimana pengaruh substitusi semen putih sebesar 10% dan penambahan serat *polypropylene* sebanyak 2% terhadap kuat lentur beton geopolimer berbasis *fly ash*, baik secara statistik maupun secara mekanisme?
4. Bagaimana interaksi antara substitusi semen putih 10% dan penambahan serat *polypropylene* 2% terhadap seluruh sifat mekanik beton geopolimer

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

(kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur), serta apakah terdapat efek peningkatan kinerja dari kombinasi kedua material tersebut berdasarkan analisis statistik dan mekanisme pembentukan matriks kombinasi?

1.3 Pembatasan Masalah

Supaya penelitian ini terfokus dan mencapai sasaran yang diinginkan, maka diperlukan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Material dasar: *Fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe F (kelas F).
2. Bahan substitusi: Semen putih yang digunakan adalah semen putih merek Tiga Roda dengan persentase substitusi tetap sebesar 10% dari total berat binder.
3. Serat: Serat *Polypropylene* (PP) yang digunakan memiliki spesifikasi panjang 12 mm, dengan persentase penambahan tetap sebesar 2% dari fraksi volume beton.
4. Larutan aktivator: Aktivator yang digunakan adalah kombinasi natrium hidroksida (NaOH) dengan molaritas 10 M dan natrium silikat (Na_2SiO_3) dengan rasio perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH}$ sebesar 2 : 1.
5. Rancangan campuran: Penelitian menggunakan 5 (lima) variasi benda uji yaitu:
 - a. Beton normal (OPC 100%) sebagai kontrol 1.
 - b. Beton Geopolimer (FA 100%) sebagai kontrol 2.
 - c. Beton Geopolimer (FA 90% + WOPC 10%) sebagai variasi 1 dengan substitusi semen putih 10%.
 - d. Beton Geopolimer Serat (FA100% + PP 2%) sebagai variasi 2 dengan penambahan serat PP 2%.
 - e. Beton Geopolimer Serat (FA90% + WOPC 10% + PP 2%) sebagai variasi 3 dengan substitusi semen putih 10% dan penambahan serat PP 2%.
6. Pengujian mekanik: Pengujian sifat mekanik yang dilakukan meliputi:
 - a. Kuat tekan berdasarkan (SNI 1974, 2011) menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
 - b. Kuat tarik belah berdasarkan (SNI 03 2491, 2014) menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm



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

c. Kuat lentur berdasarkan (SNI 03 4431, 2011) menggunakan benda uji balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm

7. Umur pengujian: Pengujian sifat mekanik dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari untuk mengetahui perkembangan kekuatan seiring waktu.
8. Pengujian benda uji dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari untuk pengujian kuat tekan beton, 28 hari kuat tarik belah, dan 28 hari kuat lentur.
9. Metode perawatan (*curing*): Perawatan benda uji dilakukan dengan metode *ambient curing* (suhu ruang) hingga hari pengujian untuk mensimulasikan kondisi aplikasi di lapangan.

1.4 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dan membuktikan secara statistik pengaruh substitusi semen putih 10% dan serat PP 2% terhadap kuat tekan, serta menjelaskan mekanisme peran masing-masing material dalam pembentukan dan perkuatan matriks.
2. Menganalisis dan membuktikan secara statistik pengaruh substitusi semen putih 10% dan serat PP 2% terhadap kuat tarik belah, serta menjelaskan mekanisme peran serat sebagai jembatan retak dan penguatan ikatan antarmuka.
3. Menganalisis dan membuktikan secara statistik pengaruh substitusi semen putih 10% dan serat PP 2% terhadap kuat lentur, serta menjelaskan mekanisme peran serat dalam menahan tegangan tarik dan perilaku pasca-retak.
4. Menganalisis interaksi antara substitusi semen putih dan serat PP terhadap seluruh sifat mekanik, serta mengidentifikasi apakah terdapat efek peningkatan kinerja dari kombinasi kedua material.



Hak Cipta :

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

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan latar belakang penelitian yang dilengkapi dengan rujukan pada penelitian-penelitian terdahulu, rumusan masalah, pembatasan masalah agar penelitian lebih terfokus, tujuan yang ingin dicapai, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan landasan teori yang mendukung penelitian, mencakup penjelasan tentang beton geopolimer, mekanisme reaksi geopolimerisasi, karakteristik *fly ash* dan semen putih, sifat-sifat serat *polypropylene*, mekanisme perkuatan serat dalam matriks beton, serta kajian penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan prosedur dan metode penelitian secara rinci, meliputi bahan-bahan yang digunakan, peralatan penelitian, rancangan campuran benda uji, pembuatan benda uji, prosedur pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada umur 7 dan 28 hari, serta metode analisis data yang akan diterapkan.

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton geopolimer untuk setiap variasi benda uji pada umur 7 dan 28 hari. Hasil penelitian dianalisis dan dibahas dengan mengaitkannya pada teori yang relevan dan hasil-hasil penelitian sebelumnya, serta membandingkan pengaruh substitusi semen putih dan penambahan serat *polypropylene* terhadap sifat mekanik beton geopolimer.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang menjawab tujuan penelitian serta saran-saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Secara statistik, substitusi semen putih 10% dan penambahan serat PP 2% berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton geopolimer (Sig. 0,000 < 0,05). Variasi FA 90% + WOPC 10% menghasilkan kuat tekan tertinggi (26,46 MPa), meningkat 3,22% dibandingkan FA 100% (25,64 MPa). Secara mekanisme, peningkatan ini disebabkan oleh pembentukan gel C-S-H tambahan dari reaksi semen putih yang memperkuat matriks geopolimer. Penambahan serat PP 2% menurunkan kuat tekan sebesar 6,94% karena serat PP bersifat hidrofobik dan menciptakan porositas antarmuka.

Secara statistik, substitusi semen putih 10% (Sig. 0,001) dan penambahan serat PP 2% (Sig. 0,000) berpengaruh signifikan terhadap kuat tarik belah. Variasi FA 90% + WOPC 10% + PP 2% menghasilkan nilai tertinggi (2,35 MPa), meningkat 26,34% dibandingkan FA 100% (1,86 MPa) dan 8,80% lebih tinggi dari beton normal OPC 100% (2,16 MPa).

Substitusi semen putih 10% (Sig. 0.002) dan penambahan serat PP 2% (Sig. 0.000) berpengaruh signifikan. Kombinasi FA+WOPC+PP 2% menghasilkan nilai tertinggi (4.02 MPa), meningkat 38.62% dibandingkan FA 100% (2.90 MPa), membuktikan efektivitas serat PP dalam meningkatkan ketahanan lentur beton geopolimer.

Variasi FA 90% + WOPC 10% + PP 2% adalah variasi terbaik pada penhujian tarik belah dan lentur. Dengan nilai kuat tarik belah sebesar 2.35 MPa dan kuat lentur sebesar 4.02 Mpa. Variasi ini unggul pada kuat tarik belah dan kuat lentur, bahkan melampaui beton normal pada kedua parameter tersebut. Pada pengujian kuat tekan didapatkan beton normal OPC 100% mendapatkan nilai 30.33 MPa.

Observasi visual membuktikan bahwa serat PP mengubah pola retak dari tunggal dan getas menjadi bercabang dengan *multiple micro-cracks* melalui mekanisme *fiber bridging*, yang semakin optimal ketika dikombinasikan dengan semen putih sebagai penguat ikatan antarmuka serat-matriks.

5.2 Saran

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan, baik dari segi komposisi bahan, metode perawatan, maupun cakupan pengujian yang dilakukan. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil yang lebih optimal dan aplikatif, berikut disampaikan saran-saran untuk perbaikan dan pengembangan pada penelitian-penelitian selanjutnya.

1. Penelitian ini menggunakan kadar serat PP 2% sebagai bahan tambah untuk beton geopolimer dengan perawatan suhu ruang. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan menggunakan variasi kadar serat 0,5%, 1,0%, dan 1,5% untuk menemukan titik optimumnya.
2. Penelitian ini hanya menggunakan substitusi semen putih tetap sebesar 10%. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk menguji variasi kadar semen putih 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat *fly ash* untuk menemukan kadar optimum yang sesuai dengan material lokal di Indonesia.
3. Penelitian ini menggunakan *ambient curing* (suhu ruang 25–32°C) pada umur 7 hari dan 28 hari. Penelitian lanjutan disarankan untuk membandingkan tiga metode curing: *ambient curing* (suhu ruang), oven curing 60°C, dan oven curing 80°C, masing-masing selama 24 jam, untuk melihat efektivitasnya terhadap seluruh variasi campuran.

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



DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 226. (1968). *Set-Retarding Accelerating*.
- Agus, S. (2026). *Teknologi Beton Canggih: Beton Serat, Self-Compacting, Dan Transparan*. <https://Strong-Indonesia.Com/Beton/Beton-Canggih-Serat-Self-Compacting-Transparan/>
- Anburuvel, A. (2023). *The Role Of Activators In Geopolymer-Based Stabilization For Road Construction: A State-Of-The-Art Review*. <https://doi.org/10.1007/S41939-022-00139-4>
- Arioz, O., Bzeni, D. K. H., Zangy, R. R. A., & Arioz, E. (2020). Properties Of Slag-Based Geopolymer Pervious Concrete For Ambient Curing Condition. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 737(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/737/1/012068>
- ASTM C11. (1995). C117-95. Standard Test Method For Materials Finer Than 75- μ m (No. 200) Sieve In Mineral. *Annual Book Of ASTM Standards*, 14(200), 4.
- ASTM C136. (N.D.). *ASTM C136.Pdf*.
- ASTM C29/C29m-97. (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>
- Buildsite. (2024). *ASTM C618 — Standard Specification For Coal Fly Ash And Raw Or Calcined Natural Pozzolan For Use As A Mineral Admixture In Concrete*. <https://www.buildsite.com/ASTM/C618>
- Burduhos Nergis, D. D., Abdullah, M. M. A. B., Vizureanu, P., & Mohd Tahir, M. F. (2018). Geopolymers And Their Uses: Review. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 374(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/374/1/012019>
- Çelik, A. İ., Tunç, U., Karalar, M., & Sahan, M. F. (2024). *Ali İhsan Çelik*. <https://doi.org/10.1016/J.Conbuildmat.2025.140132>
- Cui, Y., Ai, W., Tekle, B. H., Liu, M., Qu, S., & Zhang, P. (2023). State Of The Art Review On The Production And Bond Behaviour Of Reinforced Geopolymer Concrete. *Low-Carbon Materials And Green Construction*, 1(1), 1–25. <https://doi.org/10.1007/S44242-023-00027-1>
- Da Silva Neto, J. T., Ribeiro Soares Junior, P. R., Reis, E. D., De Souza MACIel, P.,

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

- Gomes, P. C. C., Gouveia, A. M. C., & Da Silva Bezerra, A. C. (2025). Fiber-Reinforced Cementitious Composites: Recent Advances And Future Perspectives On Key Properties For High-Performance Design. *Discover Civil Engineering*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/S44290-025-00209-9>
- Familia, A. R., Prayuda, H., Sipil, J. T., Teknik, F., & Yogyakarta, U. M. (2008). *Kuat Tarik Beton Self Compacting Concrete Dengan Bahan Tambah Kaolin Dan Variasi Serat Polypropylene*. 1–9.
- Faraid, L. A., Parabi, A. D., & Faisal. (2024). *Effect Of Activator Molarity On The Compressive Strength Of Fly Ash*. 24(4), 1555–1564.
- Habib Ali, M., Istiqomah, & Ben Novarro, B. (2024). *Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Campuran Beton Geopolimer*.
- Hammar, I. A., Eko, S., & Dody, A. (2020). *Investigation Of Industrial And Agro Wastes For Aluminum Matrix Composite Reinforcement*. 2. <https://fis.cld.bz/Procedia-Structural-Integrity/Psi-Issue-27/126/>
- Hoy, M., Thandar, S., & Horpibulsuk, S. (2025). Strength And Microstructural Evaluation Of Sustainable Geopolymer Mortars Using Calcium Carbonate Sludge And Fly Ash As Precursors. *Case Studies In Construction Materials*, 23(July), E05189. <https://doi.org/10.1016/J.Cscm.2025.E05189>
- Iman, M. B., & Syafira, F. (2024). Analisis Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Terkait Fly Ash & Bottom Ash. *Proceeding Masyarakat Hukum Kesehatan Indonesia*, 1(01), 283–296. <https://rumah-jurnal.com/index.php/pmhki/article/view/214>
- Iyigundogdu, Z., Ürünveren, H., Beycioğlu, A., & Ibadov, N. (2025). Antimicrobial Activity Of Eco-Friendly Fly-Ash-Based Geopolymer Mortar. *Materials*, 18(8), 1–16. <https://doi.org/10.3390/Ma18081735>
- Jaskevič, M. (2017). Geopolymer: A Systematic Review Of Methodologies. *Materials*.
- Jindal, B. B. (2018). Feasibility Study Of Ambient Cured Geopolymer Concrete -A Review. *Advances In Concrete Construction*, 6(4), 387–405. <https://doi.org/10.12989/Acc.2018.6.4.387>
- Léonel N., T., Stephen O., E., & Harry A., Q. (2023). *Alkali-Bauxite Fusion Method Of Synthesizing Ambient-Cured Volcanic Ash Geopolymer Cement Mortars*. <https://doi.org/10.1016/J.Conbuildmat.2023.131401>



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

- Ling, Y., Zhang, X., Zou, W., Feng, C., Lai, H., Yang, J., & Xie, B. (2024). Axial Impact Resistance Of High-Strength Engineering Geopolymer Composites: Effect Of Polyethylene Fiber Content And Strain Rate. *Buildings*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/buildings14051438>
- Liu, Q., Li, H., Cao, Q., Ke, D., Yin, S., & Li, Q. (2024). Microscopic Factors Affecting The Performance Of Pervious Concrete. *Materials*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/ma17071479>
- Mahazir, M., Herwani, H., & Faisal, F. (2025). Experimental Study On The Effect Of Heating Duration On Compressive Strength Of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete From Bengkayang Power Plant. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(1), 1719–1733. <https://doi.org/10.26418/jts.v25i1.88386>
- Mayumi, E., Setiawan, A., & Yuniarto, E. (2025). Analisis Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Bahan Tambah Serat Plastik Hdpe. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 3(3), 252–258. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i3.3197>
- Mohamed, O., & Zuaiter, H. (2024). Fresh Properties, Strength, And Durability Of Fiber-Reinforced Geopolymer And Conventional Concrete: A Review. *Mdpi - Polymers*, 16(141), 1–50. <https://www.mdpi.com/journal/polymers>
- Moni, S. M. F. K., Ikeora, O., Pritzel, C., Görtz, B., & Trettin, R. (2020). Preparation And Properties Of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete With Alkaline Waste Water Obtained From Foundry Sand Regeneration Process. *Journal Of Material Cycles And Waste Management*, 22(5), 1434–1443. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01032-3>
- Muhamad, R. (2024). *No Title*. <https://unissula.ac.id/m-ryanto-doktor-ke-36-pdts-unissula/>
- Nadya Rahimah, D. (2023). *Pengaruh Variasi Panjang Polypropylene Mono Fiber Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Lightweight Concrete*.
- Nguyen, K. T. (2011). *Green Technology In Concrete Industry : Geopolymer Concrete Keywords : Geopolymerization , Geopolymer Concrete , Environmentally Friendly Concrete , Alkali-Activated . Ta Bl E 1 . App L Ication O F G Eopo L Ymeric Materia Ls B A S Ed On S I L Ica To A Lu . 115–116*.
- Oliv. (2023). *Beberapa Material Alternatif Semen*. <https://www.scribd.com/document/647829783/Beberapa-Material-Alternatif->



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

Semen

- Parikesit Suryo Anggoro, R. M. (2019). *Pengaruh Penggunaan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanis Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash*. 1–3.
<https://www.bns.go.id/unduh/20/>
- Pati, M. S., Handono, B. D., & Wallah, S. E. (2021). Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer dengan Penambahan Semen Putih Pada Perawatan temperatur Ruangan. *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 669–676.
- Poojalakshmi, E. S., Nagarajan, P., Sudhakumar, J., & Thomas, B. S. (2025). Impact Of Alkaline Activator Concentration On Mechanical Properties And Microstructure Of A Ternary Blended One-Part Geopolymer Cement. *Scientific Reports*, 15(1), 1–21. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01610-1>
- Qin, B., Li, S., Guo, J., Liu, S., Liu, X., Lai, Y., & Li, H. (2022). Experimental Study On Mechanical Properties Of Polypropylene: Steel Fiber Concrete And Loading Characteristics Of Shaft Lining. *Advances In Materials Science And Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7013748>
- Rafli Putra, R., Istiqomah, Budi, K., & Ben Novarro, B. (2024). *Efektivitas Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Kuat Lentur Beton Geopolimer Dengan Superplasticizer*. 22(1), 49–62.
- Ramezani-pour, A. A., Esmaeili, M., Ghahari, S. A., & Najafi, M. H. (2018). Laboratory Study On The Effect Of Polypropylene Fiber On Durability, And Physical And Mechanical Characteristic Of Concrete For Application In Sleepers. *Construction And Building Materials*, 44, 411–418.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.076>
- Riyanto, A., Yuliani, D., Amalia, L. R., & Astuti, E. (2020). Optimalisasi Penggunaan Gypsum Dan Batu Kapur Pada Pembuatan Semen Putih. *Chemica: Jurnal Teknik Kimia*, 6(2), 103. <https://doi.org/10.26555/Chemica.V6i2.14629>
- Salam, F. (2025). *Studi Kekuatan Mortar Geopolimer Sebagai Bahan Pembuatan Agregat Kasar* [Universitas Pembangunan Jaya].
<https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/10827/>
- Sathvik, S., Shakor, P., Hasan, S., Awuzie, B. O., Singh, A. K., Rauniyar, A., & Karakouzian, M. (2023). Evaluating The Potential Of Geopolymer Concrete As A Sustainable Alternative For Thin White-Topping Pavement. *Frontiers In Materials*, 10(May), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1181474>
- Singaram, K. K., Khan, M. A., & Talakokula, V. (2025). Review On Compressive



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

Strength And Durability Of Fly-Ash-Based Geopolymers Using

Characterization Techniques. In *Archives Of Civil And Mechanical Engineering* (Vol. 25, Issue 2). <https://doi.org/10.1007/S43452-025-01116-7>

SNI 03 2491. (2014). *Metode Uji Kekuatan Tarik Beton Dengan Dua Titik Pembebanan*. En Beton Beton Dalam Campuran Beton Sedikit

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 Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. www.bsn.go.id

SNI 15 2049. (2004). *Semen Portland*.

SNI 15 2531. (1991). Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. *Badan Standar Nasional Indonesia, 2531*.

SNI 1970. (2008). Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia, 7-18*.

<http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?R=/SNI/New/SNI/Detail/Id/195>

SNI 1971. (2011). *SNI-1971-2011.Pdf*.

SNI 1972. (2008). *Standar Nasional Indonesia*.

SNI 1973. (2008). SNI 1973:2008 Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran Dan Kadar Udara Beton. *Badan Standardisasi Nasional, 1-13*.

SNI 1974. (2011). *Badan Standardisasi Nasional Cara Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*.

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

Spolchemie. (2023). *Hydroxides*.

[https://www.spolchemie.cz/en/aplikace/hydroxides-paper-industry-](https://www.spolchemie.cz/en/aplikace/hydroxides-paper-industry-agriculture-synthetic-fibres/#elementor-action%3aaction%3dpopup%3aopen%26settings%3deyjpzci6ntixmcwidg9nz2xlijpmywxzx0%3d)

[Agriculture-Synthetic-Fibres/#Elementor-](https://www.spolchemie.cz/en/aplikace/hydroxides-paper-industry-agriculture-synthetic-fibres/#elementor-action%3aaction%3dpopup%3aopen%26settings%3deyjpzci6ntixmcwidg9nz2xlijpmywxzx0%3d)

[Action%3aaction%3dpopup%3aopen%26settings%3deyjpzci6ntixmcwidg9nz2](https://www.spolchemie.cz/en/aplikace/hydroxides-paper-industry-agriculture-synthetic-fibres/#elementor-action%3aaction%3dpopup%3aopen%26settings%3deyjpzci6ntixmcwidg9nz2xlijpmywxzx0%3d)

[xlijpmywxzx0%3d](https://www.spolchemie.cz/en/aplikace/hydroxides-paper-industry-agriculture-synthetic-fibres/#elementor-action%3aaction%3dpopup%3aopen%26settings%3deyjpzci6ntixmcwidg9nz2xlijpmywxzx0%3d)

Talip, C., & Ilker, U. (2025). *Investigating Experimentally The Potency Of Divergent Sodium Hydroxide And Sodium Silicate Molar Proportions On Silica Fume And Obsidian-Based Geopolymer Mortars*.

<https://doi.org/10.1002/Suco.202500055>

Tjoanto, R., Wallah, S. ., & Handono, B. . (2021). Pengujian Kuat Tekan 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

Geopolimer Dengan Penambahan Semen Putih Pada Perawatan Suhu Ruang.
Jurnal Sipil Statik, 9(4), 755–762.

<https://Ejournal.Unsrat.Ac.Id/V3/Index.Php/Jss/Article/View/39034>

Tjokrodimuljo, K. (2017). *Beton*.

Zhu, H. Mei, Wang, P. Ming, & Zhang, G. Fang. (2015). Influence Of Vinyl Acetate/Ethylene Copolymer Powder On Secondary Efflorescence In Portland Cement-Based Decorative Mortar. *Journal Of Zhejiang University: Science A*, 16(2), 143–150. <https://doi.org/10.1631/Jzus.A1300403>

