



LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH SUBSTITUSI *CALCINED CLAY* DAN PENAMBAHAN *POLYPROPYLENE FIBER* TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON

Oleh:

Az Zahra Rahmatun Nazilah

40030522650157

Widati Dyah Arisanti

40030522650162

Diajukan sebagai
salah satu syarat dalam menyelesaikan Sarjana Terapan
Program Studi Teknik Infstruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur
Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFSASTRUKTUR SIPIL
DAN PERANCANGAN ARSITEKTUR
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONOGORO
2026**

HALAMAN PENGESAHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH SUBSTITUSI *CALCINED CLAY* DAN PENAMBAHAN *POLYPROPYLENE FIBER* TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON

Oleh:

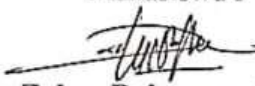
Az Zahra Rahmatun Nazilah 40030522650157

Widati Dyah Arisanti 40030522650162

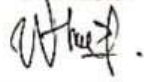
Laporan ini telah diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi
saat pelaksanaan ujian tugas akhir pada tanggal 23 Juli 2026

Semarang, 24 Juli 2026

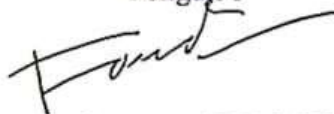
Mahasiswa I


Az Zahra Rahmatun Nazilah
NIM. 40030522650157

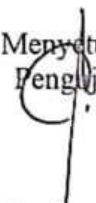
Mahasiswa II


Widati Dyah Arisanti
NIM. 40030522650162

Penguji I


Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., PhD.
NIP. 198903212015042002

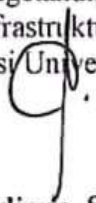
Menyetujui,
Penguji II


Dr. Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001

Penguji III


Muh Bahrul Ulum Al Karimi, S.Pd., M.T.
NIP. 199506082024061001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro


Dr. Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001

ABSTRAK

Tingginya kerentanan infasstruktur di Indonesia terhadap kegagalan struktural akibat beban seismik serta beban operasional berlebih, ditambah karakteristik mekanis beton normal yang bersifat getas dan memiliki ketahanan lentur rendah, menginisiasi perlunya inovasi pada beton. Sebagai salah satu solusi atas keterbatasan mekanis tersebut, dikembangkan beton dengan memanfaatkan penambahan *polypropylene fiber*, yang bertujuan untuk meningkatkan daktilitas beton dan menghambat perambatan retak. Mengingat penambahan serat berpotensi menurunkan kuat tekan akibat turunnya homogenitas adukan dan peningkatan porositas, *calcined clay* diterapkan sebagai material pozzolanik pengganti sebagian semen yang berfungsi sebagai *filler* sekaligus pengikat tambahan melalui pembentukan *Calcium Silicate Hydrate* (C-S-H). Proporsi campuran skala laboratorium ini mengacu pada SNI 7656:2012 dengan membatasi variasi substitusi *calcined clay* dengan kadar 5%, 10%, dan 15% terhadap berat semen, serta kadar *polypropylene fiber* konstan yaitu 0,4% terhadap volume beton. Berdasarkan pengujian laboratorium yang meliputi pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton umur 28 hari dengan mutu rencana f'_c 30 MPa dan f_s 3,40 MPa, penelitian menunjukkan bahwa hasil optimal dicapai oleh variasi substitusi *calcined clay* 10%. Pada umur pengujian tersebut menghasilkan capaian nilai rata-rata kuat tekan tertinggi sebesar 36,76 MPa dan kuat lentur sebesar 3,72 MPa yang berturut-turut mengalami peningkatan sebesar 13,60% dan 6,90% terhadap beton normal. Berdasarkan analisis biaya, beton dengan variasi optimum mengalami peningkatan biaya produksi sebesar 16,97% dibandingkan beton normal pada mutu yang setara. Hal tersebut menunjukkan bahwa meskipun kombinasi material ini mampu meningkatkan performa mekanis beton, penggunaannya belum dapat dikatakan ekonomis sehingga masih diperlukan optimasi lebih lanjut untuk memperoleh keseimbangan antara peningkatan mutu dan biaya produksi.

Kata Kunci : beton serat, *polypropylene fiber*, *calcined clay*, kuat tekan, kuat lentur

ABSTRACT

The high vulnerability of infrastructure in Indonesia to structural failure caused by seismic loads and excessive operational loads, combined with the brittle characteristics and low flexural resistance of conventional concrete, creates the need for innovation in concrete materials. As an effort to overcome these mechanical limitations, concrete with the addition of polypropylene fiber was developed to improve ductility and reduce crack propagation. However, the use of fiber may decrease compressive strength due to lower mixture homogeneity and increased porosity. Therefore, calcined clay was used as a partial replacement material for cement because it works as a filler and additional binder through the formation of Calcium Silicate Hydrate (C-S-H). The laboratory mix proportion in this study followed SNI 7656:2012, with calcined clay substitution variations of 5%, 10%, and 15% by cement weight, and a constant polypropylene fiber content of 0.4% by concrete volume. Based on laboratory tests, including compressive strength and flexural strength tests at 28 days with design strengths of f'_c 30 MPa and f_s 3.40 MPa, the results showed that the optimum performance was obtained from the 10% calcined clay substitution variation. At this testing age, the mixture produced the highest average compressive strength of 36.76 MPa and flexural strength of 3.72 MPa, which increased by 13.60% and 6.90%, respectively, compared to normal concrete. Based on the cost analysis, concrete with the optimum variation experienced a 16.97% increase in production cost compared to normal concrete with the same quality. This shows that although this material combination can improve the mechanical properties of concrete, its application cannot yet be considered economical. Therefore, further optimization is required to achieve a balance between strength improvement and production cost.

Keywords: fiber-reinforced concrete, polypropylene fiber, calcined clay, compressive strength, flexural strength.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT kami panjatkan atas segala rahmat, karunia, serta pertolongan-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat wajib yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Teknik Infsastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro sebagai syarat kelulusan.

Selama proses penyusunan laporan ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat dan motivasi selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Dr. Ida Hayu Dwimawanti, M.M., selaku Wakil Dekan Akademik dan Kemahasiswaan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Asri Nurdiana, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Infsastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama menyusun Laporan Tugas Akhir.
4. Muh Bahrul Ulum Al Karimi, S.Pd., M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 yang dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan, saran, serat masukan dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir.
5. Seluruh Dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Infsastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman yang telah membantu memberikan bantuan, semangat, dan kerja sama, baik selama perkuliahan, pelaksanaan penelitian maupun dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki berbagai kekurangan karena keterbatasan pengetahuan, pengalaman, dan kemampuan yang dimiliki. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar laporan ini menjadi lebih baik, serta dapat menjadi bahan evaluasi dan bekal dalam penyusunan karya ilmiah pada masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini tidak hanya memenuhi syarat akademik, tetapi juga dapat memberi manfaat bagi pembaca, khususnya sebagai sumber informasi, referensi, dan tambahan wawasan di bidang teknik sipil, serta menjadi bahan rujukan bagi mahasiswa pada penelitian selanjutnya.

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Batasan Masalah.....	6
1.6. Ruang Lingkup.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Beton Serat.....	8
2.2. Semen.....	9
2.3. Agregat Halus	10
2.4. Agregat Kasar	10
2.5. Air	11
2.6. <i>Polypropylene fiber</i>	12
2.7. <i>Calcined clay</i>	13
2.8. Kuat Tekan.....	14
2.9. Kuat Lentur	15
2.10. Penelitian Sebelumnya	15
2.11. Celah Penelitian	18

BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Alur Penelitian	21
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian	24
3.3. Bahan Penelitian.....	24
3.4. Alat Penelitian.....	31
3.5. Variabel Penelitian	38
3.5.1. Variabel Terikat	38
3.5.2. Variabel Bebas	39
3.5.3. Variabel Kontrol.....	39
3.6. Pengujian Material	39
3.6.1. Analisa Saringan	40
3.6.2. Kadar Lumpur	44
3.6.3. Berat Jenis	47
3.6.4. Absorpsi	55
3.6.5. Berat Isi	57
3.7. <i>Job Mix Design</i>	59
3.8. Pembuatan Benda Uji.....	65
3.9. Pengujian Beton	66
3.9.1. Pengujian Kuat Tekan.....	67
3.9.2. Pengujian Kuat Lentur	70
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	74
4.1. Hasil Pengujian Material.....	74
4.1.1. Analisa Saringan	74
4.1.2. Kadar Lumpur	78
4.1.3. Berat Jenis dan Absorpsi.....	80
4.1.4. Berat Isi	83
4.1.5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Material.....	84
4.2. Perhitungan <i>Mix Design</i>	85
4.3. Kuat Tekan Beton	89
4.3.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	89
4.3.2. Pembahasan Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	91

4.4. Kuat Lentur Beton.....	96
4.4.1. Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	96
4.4.2. Pembahasan Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	99
4.5. Analisis Biaya	101
BAB V PENUTUP	105
5.1. Kesimpulan	105
5.2. Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Literatur <i>Review</i>	16
Tabel 3.1. Variasi Campuran	23
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>Polypropylene fiber</i>	28
Tabel 3.3. Spesifikasi <i>Calcined clay</i>	30
Tabel 3.4. Gradasi Agregat Halus Berdasar <i>British Standard</i> dan SNI T-15-1990-03.....	41
Tabel 3.5. Gradasi Agregat Kasar SNI 03-2834-2000	42
Tabel 3.6. Kuat Tekan Rata-Rata	60
Tabel 3.7. Hubungan Rasio Kegagalan dengan Nilai Koefisien (k)	60
Tabel 3.8. Nilai Deviasi berdasarkan Tingkat Pengendalian Mutu	61
Tabel 3.9. Nilai Slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi	61
Tabel 3.10. Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah	62
Tabel 3.11. Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton.....	63
Tabel 3.12. Hubungan antara ukuran nominal maksimum agregat dan modulus kehalusan pasir	64
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Anilisa Saringan Agregat Halus	75
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Anilisa Saringan Agregat Kasar	76
Tabel 4.3. Gradasi Agregat	77
Tabel 4.4. Rekapitulasi Hasil Uji Agregat	84
Tabel 4.5. Perhitungan <i>Mix Design</i>	86
Tabel 4.6. Rekapitulas <i>Mix Design</i> Beton.....	87
Tabel 4.7. Hasil Uji Kuat Tekan Beton.....	89
Tabel 4.8. Berat Benda Uji dan Hasil Kuat Tekan.....	95
Tabel 4.9. Hasil Uji Kuat Lentur Beton	97
Tabel 4.10. Rekapitulasi Biaya	102
Tabel 4.11. Perbandingan Biaya	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian	21
Gambar 3.2. Semen	25
Gambar 3.3. Agregat Halus (Pasir Alami)	26
Gambar 3.4. Agregat Kasar (Batu Pecah)	26
Gambar 3.5. Air	27
Gambar 3.6. <i>Polypropylene fiber</i>	28
Gambar 3.7. <i>Calcined clay</i>	30
Gambar 3.8. <i>Mixer</i>	31
Gambar 3.9. <i>Sieve Set</i>	32
Gambar 3.10. Timbangan Digital	32
Gambar 3.11. Piknometer	33
Gambar 3.12. <i>Cone dan Tamper</i>	33
Gambar 3.13. Oven	34
Gambar 3.14. Keranjang Kawat	34
Gambar 3.15. Cetakan Silinder	35
Gambar 3.16. Cetakan Balok	35
Gambar 3.17. <i>Compression Testing Machine</i>	36
Gambar 3.18. <i>Flexural Testing Machine</i>	36
Gambar 3.19. Bejana	37
Gambar 3.20. Wadah	37
Gambar 3.21. Sekop	38
Gambar 3.22. Penimbangan Agregat Halus	43
Gambar 3.23. Penimbangan Agregat Kasar	43
Gambar 3.24. Proses Penyaringan	44
Gambar 3.25. Berat Awal Agregat Halus	45
Gambar 3.26. Berat Awal Agregat Kasar	45
Gambar 3.27. Berat Akhir Agregat Halus	46
Gambar 3.28. Berat Akhir Agregat Kasar	47

Gambar 3.29. Persiapan Sampel	49
Gambar 3.30. Perendaman	50
Gambar 3.31. Penimbangan Kondisi SSD	50
Gambar 3.32. Penimbangan Dalam Air	51
Gambar 3.33. Penimbangan Berat Kering	51
Gambar 3.34. Pengeringan Oven	52
Gambar 3.35. Kondisi SSD	52
Gambar 3.36. Penimbangan Kondisi SSD	52
Gambar 3.37. Memasukkan Air ke Piknometer	53
Gambar 3.38. Menghilangkan Udara pada Campuran	53
Gambar 3.39. Penimbangan Piknometer + Sampel + Air	54
Gambar 3.40. Penimbangan Piknometer + Air	54
Gambar 3.41. Penimbangan Sampel Kering Oven	54
Gambar 3.42. Penimbangan Bejana	58
Gambar 3.43. Pemasukan Agregat ke Dalam Bejana	59
Gambar 3.44. Penimbangan Bejana Berisi Agregat	59
Gambar 3.45. Proses Pencampuran	66
Gambar 3.46. Proses Pencetakan	66
Gambar 3.47. Kondisi SSD	68
Gambar 3.48. Pengukuran Benda Uji	68
Gambar 3.49. Penempatan Benda Uji	69
Gambar 3.50. Angka Hasil Uji	69
Gambar 3.51. Benda Uji Kondisi SSD	71
Gambar 3.52. Pengukuran Benda Uji	71
Gambar 3.53. Pengaturan Jarak Tumpuan	72
Gambar 3.54. Penempatan Benda Uji	72
Gambar 3.55. Pengaturan Pembebanan	73
Gambar 4.1. Grafik Zona Gradasi Agregat Halus	75
Gambar 4.2. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan	91
Gambar 4.3. Grafik Hasil Uji Kuat Lentur	98

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (3.1) <i>Fineness Modulus</i>	40
Persamaan (3.2) Kontrol Analisa Saringan.....	41
Persamaan (3.3) Kadar Lumpur	44
Persamaan (3.4) Berat Jenis Curah Agregat Kasar	48
Persamaan (3.5) Kondisi SSD Agregat Kasar	48
Persamaan (3.6) Berat Jenis Semu Agregat Kasar.....	48
Persamaan (3.7) Berat Jenis Curah Agregat Halus	48
Persamaan (3.8) Kondisi SSD Agregat Halus	49
Persamaan (3.9) Berat Jenis Semu Agregat Halus.....	49
Persamaan (3.10) Penyerapan Agregat Kasar	56
Persamaan (3.11) Penyerapan Agregat Halus.....	56
Persamaan (3.12) Berat Isi	58
Persamaan (3.13) Interpolasi.....	63
Persamaan (3.14) Kuat Tekan	67
Persamaan (3.15) Luas Permukaan Silinder	67
Persamaan (3.16) Nilai Kuat Tekan	70
Persamaan (3.17) Kuat Tekan	70

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar Asistensi
- Lampiran 2. *Log Book* Laboratorium
- Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Agregat
- Lampiran 4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Benton
- Lampiran 5. Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton
- Lampiran 6. Perhitungan Kuat Tekan Beton
- Lampiran 7. Perhitungan Kuat Lentur Beton
- Lampiran 8. Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton