



LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DAN PENAMBAHAN  
*CRYSTALLINE POWDER WATERPROOFING* TERHADAP  
KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS BETON INTEGRAL**

Oleh:

Ahmad Rofiudin Efendi

40030522650010

Dika Putra Safonaji

40030522650094

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

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
DAN PERANCANGAN ARSITEKTUR  
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO  
TAHUN 2026**

HALAMAN PENGESAHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SUBSTITUSI *FLY ASH* DAN  
*CRYSTALLINE POWDER WATERPROOFING* TERHADAP  
KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS BETON INTEGRAL.**

Oleh:

Ahmad Rofiudin Efendi  
Dika Putra Safonaji

NIM. 40030522650010  
NIM. 40030522650094

Laporan ini telah disusun berdasarkan masukan dari pembimbing dan dinyatakan dapat diajukan untuk ujian tugas akhir pada tanggal 17 Juni 2026

Semarang, 17 Juni 2026

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Ir. Hanggoro Iskandar P.W., S.T., M.T.)  
NIP. 199305012024061001

(Ir. Tri Susanto, S.T., M.T.)  
NIP. 199106162024061001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur

(Asri Nurdiana, S.T., M.T.)  
NIP. 198512092012122001



LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DAN PENAMBAHAN  
*CRYSTALLINE POWDER WATERPROOFING* TERHADAP  
KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS BETON INTEGRAL**

Oleh:

Ahmad Rofiudin Efendi  
Dika Putra Safonaji

NIM. 40030522650010  
NIM. 40030522650094

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

Semarang, 23 Juni 2026

Mahasiswa I

Ahmad Rofiudin Efendi  
NIM. 40030522650010

Mahasiswa II

Dika Putra Safonaji  
NIM. 40030522650094

Penguji I

Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 198903212015042002

Menyetujui,  
Penguji II

Ir. Hanggoro Iskandar P.W., S.T., M.T.  
NIP. 199305012024061001

Penguji III

Ir. Tri Susanto, S.T., M.T.  
NIP. 199106162024061001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur

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

## ABSTRAK

Beton integral merupakan material konstruksi yang dikembangkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap penetrasi air tanpa memerlukan lapisan *waterproofing*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi *fly ash* dan penambahan *crystalline powder waterproofing* terhadap kuat tekan, kekedapan air, dan penyerapan air beton integral. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan mutu rencana beton 25 MPa dan faktor air-semen 0,61. Variasi campuran terdiri atas A (0%, 0%), B (10%, 2%), C (20%, 3%), dan D (30%, 4%), yang menunjukkan persentase substitusi *fly ash* dan penambahan *crystalline powder waterproofing* terhadap berat semen. Pengujian pada umur 28 hari meliputi *slump test*, kuat tekan, kekedapan air, dan penyerapan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata beton pada variasi A, B, C, dan D berturut-turut sebesar 26,880 MPa, 27,615 MPa, 28,389 MPa, dan 26,163 MPa. Hasil pengujian kekedapan air menunjukkan persentase kehilangan air sebesar 36,667%, 29,333%, 26,667%, dan 22,667%, sedangkan nilai penyerapan air sebesar 0,706%, 0,404%, 0,166%, dan 0,117%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi *fly ash* berkontribusi terhadap peningkatan kuat tekan beton pada kadar tertentu, sedangkan penambahan *crystalline powder waterproofing* menurunkan kekedapan air dan penyerapan air beton. Secara umum, kombinasi kedua material tersebut memberikan pengaruh terhadap karakteristik mekanik dan durabilitas beton integral.

**Kata kunci:** *fly ash*, *crystalline powder waterproofing*, beton integral, kuat tekan, kekedapan air.

## **ABSTRACT**

*Integral concrete is a construction material developed to enhance resistance to water penetration without the need for a waterproofing layer. This study aims to analyse the effect of fly ash substitution and the addition of crystalline waterproofing powder on the compressive strength, watertightness and water absorption of integral concrete. The method employed was an experimental study with a target concrete strength of 25 MPa and a water-cement ratio of 0.61. The mix variations consisted of A (0%, 0%), B (10%, 2%), C (20%, 3%) and D (30%, 4%), representing the percentage of fly ash substitution and crystalline powder waterproofing addition relative to the weight of cement. Tests at 28 days included slump tests, compressive strength, watertightness and water absorption. The research results showed that the average compressive strength of the concrete in mixtures A, B, C and D was 26.880 MPa, 27.615 MPa, 28.389 MPa and 26.163 MPa, respectively. The water impermeability test results showed water loss percentages of 36.667%, 29.333%, 26.667% and 22.667%, whilst the water absorption values were 0.706%, 0.404%, 0.166% and 0.117%. The research results indicate that the substitution of fly ash contributes to an increase in the compressive strength of concrete at certain levels, whilst the addition of crystalline waterproofing powder reduces the concrete's watertightness and water absorption. In general, the combination of these two materials influences the mechanical characteristics and durability of integral concrete.*

**Keywords:** *fly ash, crystalline powder waterproofing, integral concrete, compressive strength, water resistance.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Substitusi *Fly Ash* dan Penambahan *Crystalline Powder Waterproofing* Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Integral” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, kesehatan, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Ir. Hanggoro Iskandar Putra Widjaya, S.T., M.T. dan Ir. Tri Susanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen di Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
4. Orang tua, keluarga, dan sahabat yang selalu memberikan dukungan, doa, serta semangat dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan dan kebersamaan selama proses penulisan Laporan Tugas Akhir.

Peneliti menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sangat membantu peneliti untuk memperbaiki di masa yang akan datang.

Semarang, 10 Juni 2025

Peneliti

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Maksud Dan Tujuan .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Identifikasi Masalah .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Beton .....	7
2.2 Beton Integral .....	8
2.3 Agregat Kasar .....	8
2.4 Agregat Halus .....	11
2.5 Semen <i>Portland</i> .....	13
2.6 <i>Fly Ash</i> .....	14

2.7	<i>Crystalline Powder Waterproofing</i> .....	15
2.8	Air .....	16
2.9	<i>Slump Test</i> .....	17
2.10	Perawatan Beton.....	18
2.11	Kuat Tekan .....	19
2.12	Kekedapan Air (Komisioning).....	20
2.13	Penyerapan Air Beton .....	21
2.14	Kajian Pustaka.....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		26
3.1	Metode Pelaksanaan.....	26
3.2	Variabel Penelitian .....	27
3.3	Alat Penelitian.....	29
3.4	Material Penelitian .....	33
3.5	Pengujian Material .....	34
3.5.1	Analisis Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus.....	34
3.5.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	36
3.5.3	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	37
3.5.4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus .....	38
3.5.5	Pengujian Pengikatan Awal Semen <i>Portland</i> .....	40
3.5.6	Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i> .....	41
3.5.7	<i>Job Mix Design</i> .....	42
3.5.8	Pembuatan Benda Uji.....	43
3.6	Pengujian Benda Uji.....	47
3.6.1	<i>Slump Test</i> .....	47
3.6.2	Uji Kuat Tekan .....	48

3.6.3 Uji Kekedapan Air.....	49
3.6.4 Uji Penyerapan Air.....	51
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>53</b>
4.1 Hasil Pengujian Material.....	53
4.1.1 Hasil Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar .....	53
4.1.2 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	64
4.1.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar	65
4.1.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus	67
4.1.5 Hasil Pengujian Pengikatan Awal Semen <i>Portland</i> .....	69
4.1.6 Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i> .....	71
4.2 Hasil Pengujian Benda Uji.....	73
4.2.1 Hasil Pengujian <i>Slump Test</i> .....	74
4.2.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	77
4.2.3 Hasil Pengujian Kekedapan Air .....	82
4.2.4 Hasil Pengujian Penyerapan Air.....	86
4.3 Perbandingan Biaya .....	89
4.4 Analisis Keseluruhan.....	94
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>97</b>
5.1 Kesimpulan .....	97
5.2 Saran.....	98
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>100</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>104</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Beton .....	7
Gambar 2.2.	Beton Integral .....	8
Gambar 2.3.	Agregat Kasar .....	11
Gambar 2.4.	Agregat Halus .....	12
Gambar 2.5.	Semen <i>Portland</i> .....	13
Gambar 2.6.	<i>Fly Ash</i> .....	15
Gambar 2.7.	<i>Crystalline Powder Waterproofing</i> .....	16
Gambar 2.8.	Air .....	17
Gambar 2.9.	<i>Slump Test</i> .....	18
Gambar 2.10.	Perawatan Beton .....	19
Gambar 2.11.	Skema Uji Kuat Tekan Beton .....	20
Gambar 2.12.	Skema Pengujian Komisioning .....	21
Gambar 2.13.	Penyerapan Air Beton .....	22
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian A .....	26
Gambar 3.2.	Diagram Alir Penelitian B .....	27
Gambar 3.3.	Timbangan .....	29
Gambar 3.4.	Oven (Suhu 105 – 110 °C) .....	29
Gambar 3.5.	<i>Sieve Set</i> .....	30
Gambar 3.6.	<i>Sieve Shaker</i> .....	30
Gambar 3.7.	Gelas Ukur .....	30
Gambar 3.8.	Piknometer .....	31
Gambar 3.9.	Alat Vicat .....	31
Gambar 3.10.	<i>Concrete Mixer</i> .....	32
Gambar 3.11.	Kerucut Abrams .....	32
Gambar 3.12.	<i>Compression Testing Machine</i> .....	32
Gambar 3.13.	Cetakan Beton Uji Silinder .....	33
Gambar 3.14.	Cetakan Prototipe Tandon Air Cor Tanam .....	33
Gambar 3.15.	Berat Sampel Analisis Agregat Kasar .....	35

Gambar 3.16. Berat Sampel Analisis Agregat Halus .....	35
Gambar 3.17. <i>Sieve Set</i> Agregat Kasar.....	35
Gambar 3.18. <i>Sieve Set</i> Agregat Halus.....	35
Gambar 3.19. Mengguncangkan <i>Sieve Shaker</i> .....	36
Gambar 3.20. Berat Sampel Kadar Lumpur.....	39
Gambar 3.21. Berat Sampel Kadar Lumpur + Air .....	39
Gambar 3.22. Mengocok Pasir Selama 30 Menit .....	39
Gambar 3.23. Berat Sampel Pengikatan Awal Semen .....	40
Gambar 3.24. Berat Air Pengikatan Awal .....	40
Gambar 3.25. Melempar Pasta Semen .....	40
Gambar 3.26. Pengujian Pada Interpolasi 15 Menit .....	41
Gambar 3.27. Menyiapkan Cetakan Silinder 15 x 30 cm .....	43
Gambar 3.28. Merojok Beton Segar .....	44
Gambar 3.29. Memukul Sisi Luar Cetakan Silinder .....	44
Gambar 3.30. Perawatan Benda Uji Silinder .....	44
Gambar 3.31. <i>Curing</i> Benda Uji Silinder .....	45
Gambar 3.32. Pelapisan Menggunakan PiloX .....	45
Gambar 3.33. Merojok Beton Tandon Air Cor Tanam.....	46
Gambar 3.34. Memukul Sisi Luar Cetakan Tandon Air Cor Tanam.....	46
Gambar 3.35. Membuka Cetakan Tandon Air Cor Tanam.....	46
Gambar 3.36. Menyiapkan Kerucut Abrams .....	47
Gambar 3.37. Mengisi Beton Kedalam Kerucut Abrams .....	47
Gambar 3.38. Merojok Kerucut Abrams.....	48
Gambar 3.39. Mengangkat Benda Uji Silinder.....	48
Gambar 3.40. Memasukkan Benda Uji ke Mesin CTM .....	49
Gambar 3.41. SSD Prototipe.....	50
Gambar 3.42. Mengisi Air Pada Prototipe .....	50
Gambar 3.43. Memberi Tanda Tinggi Awal .....	50
Gambar 3.44. Merendam Benda Uji Penyerapan Air .....	51
Gambar 3.45. Menimbang Berat Penyerapan Air .....	51
Gambar 4.1. Berat Awal Agregat Kasar .....	54

Gambar 4.2.	Berat Tertahan 3/4" Agregat Kasar.....	55
Gambar 4.3.	Berat Tertahan 1/2" Agregat Kasar .....	56
Gambar 4.4.	Berat Tertahan 3/8" Agregat Kasar .....	56
Gambar 4.5.	Berat Tertahan No. 4 Agregat Kasar .....	57
Gambar 4.6.	Grafik % Lolos Agregat Kasar .....	57
Gambar 4.7.	Berat Sampel Agregat Halus Analisis Saringan .....	58
Gambar 4.8.	Berat Tertahan No. 4 Agregat Halus .....	59
Gambar 4.9.	Berat Tertahan No. 8 Agregat Halus .....	59
Gambar 4.10.	Berat Tertahan No. 16 Agregat Halus .....	60
Gambar 4.11.	Berat Tertahan No. 30 Agregat Halus.....	61
Gambar 4.12.	Berat Tertahan No. 50 Agregat Halus .....	61
Gambar 4.13.	Berat Tertahan No. 100 Agregat Halus .....	62
Gambar 4.14.	Berat Tertahan <i>Pan</i> Agregat Halus .....	63
Gambar 4.15.	Grafik % Lolos Agregat Halus .....	63
Gambar 4.16.	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus .....	64
Gambar 4.17.	Berat Kering Oven Agregat Kasar .....	66
Gambar 4.18.	Berat Jenuh Kering Permukaan Agregat Kasar .....	66
Gambar 4.19.	Berat Kering Oven Basah Agregat Kasar.....	66
Gambar 4.20.	Berat Agregat Kasar + Air .....	66
Gambar 4.21.	Berat Jenuh Kering Permukaan Agregat Halus.....	68
Gambar 4.22.	Berat Kering Oven Agregat Halus .....	68
Gambar 4.23.	Berat Piknometer + Air .....	68
Gambar 4.24.	Berat Piknometer + Benda Uji + Air .....	69
Gambar 4.25.	Pengikatan Awal Semen 0 Menit.....	70
Gambar 4.26.	Pengikatan Awal Semen 15 Menit.....	70
Gambar 4.27.	Pengikatan Awal Semen 30 Menit.....	70
Gambar 4.28.	Pengikatan Awal Semen 45 Menit.....	71
Gambar 4.29.	Pengikatan Awal Semen 60 Menit.....	71
Gambar 4.30.	Berat Piknometer Kosong .....	72
Gambar 4.31.	Berat Piknometer + Akuades.....	72
Gambar 4.32.	Berat Piknometer + <i>Fly Ash</i> .....	72

Gambar 4.33. Berat Piknometer + Akuades + <i>Fly Ash</i> .....	72
Gambar 4.34. Variasi A <i>Slump Test</i> .....	74
Gambar 4.35. Variasi B <i>Slump Test</i> .....	75
Gambar 4.36. Variasi C <i>Slump Test</i> .....	75
Gambar 4.37. Variasi D <i>Slump Test</i> .....	76
Gambar 4.38. Grafik Hasil Pengujian <i>Slump Test</i> .....	76
Gambar 4.39. Sketsa Gambar Bentuk Kehancuran Benda Uji .....	77
Gambar 4.40. Faktor Koreksi Rasio Panjang (L) dan Diameter (D) .....	77
Gambar 4.41. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	82
Gambar 4.42. Tinggi Sisa Muka Air Variasi A .....	84
Gambar 4.43. Tinggi Sisa Muka Air Variasi B .....	84
Gambar 4.44. Tinggi Sisa Muka Air Variasi C .....	84
Gambar 4.45. Tinggi Sisa Muka Air Variasi D .....	85
Gambar 4.46. Grafik Hasil Pengujian Kecedapan Air .....	86
Gambar 4.47. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Air .....	89
Gambar 4.48. Grafik Hasil Perbandingan Harga .....	93
Gambar 4.49. Grafik Hasil Penelitian Beton Integral .....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Batas – Batas Gradasi Agregat Kasar.....	10
Tabel 2.2.	Batas – Batas Gradasi Agregat Halus.....	12
Tabel 2.3.	Hubungan Antara Kehalusan dan Panas Hidrasi Tipe Semen.....	13
Tabel 2.4.	Unsur-Unsur Penyusun Utama Semen.....	13
Tabel 2.5.	Tipe <i>Fly Ash</i> .....	14
Tabel 2.6.	Rekapitulasi Kajian Pustaka Penelitian.....	23
Tabel 3.1.	<i>Job Mix Design</i> Kg/m <sup>3</sup> .....	42
Tabel 3.2.	<i>Job Mix Design</i> Variasi .....	43
Tabel 3.3.	Syarat dan Acuan Pengujian Material .....	52
Tabel 3.4.	Syarat dan Acuan Pengujian Benda Uji .....	52
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Pengikatan Awal Semen.....	70
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i> .....	73
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian <i>Slump Test</i> .....	76
Tabel 4.4.	Hasil Pemeriksaan Dimensi Prototipe.....	83
Tabel 4.5.	Rekapitulasi Kekedapan Air.....	84
Tabel 4.6.	Lokasi Toko Material .....	89
Tabel 4.7.	Kebutuhan Bahan Beton Integral .....	90
Tabel 4.8.	Harga Satuan Biaya .....	91
Tabel 4.9.	Rancangan Biaya Beton Integral Variasi A .....	91
Tabel 4.10.	Rancangan Biaya Beton Integral Variasi B .....	91
Tabel 4.11.	Rancangan Biaya Beton Integral Variasi C .....	92
Tabel 4.12.	Rancangan Biaya Beton Integral Variasi D.....	92
Tabel 4.13.	Persentase Hubungan Hasil Penelitian.....	94

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar Asistensi
- Lampiran 2. Perhitungan *Job Mix Design*
- Lampiran 3. Perhitungan Perbandingan Harga
- Lampiran 4. Hasil Analisis Gradasi Agregat Kasar
- Lampiran 5. Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus
- Lampiran 6. Hasil Pengujian Kadar Lumpur
- Lampiran 7. Hasil Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 8. Hasil Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 9. Hasil Pengikatan Awal Semen
- Lampiran 10. Hasil Berat Jenis *Fly Ash*
- Lampiran 11. Hasil Pengujian Kuat Tekan
- Lampiran 12. Hasil Pengujian Penyerapan Air
- Lampiran 13. Hasil Pengujian Kecedapan Air
- Lampiran 14. Prosedur Penggunaan *Crystalline Powder Waterproofing*