

**STUDI PENELITIAN PENGARUH FAKTOR AIR *CEMENTITIOUS* (W/C)
TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLYASH*
(AKTIVATOR : KALIUM HIDROKSIDA + NATRIUM SILIKAT)**

TUGAS AKHIR

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

IVANI KRISTINA RAMBU DAY NDAPANGGAU

21.21.009

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI PENELITIAN PENGARUH FAKTOR AIR *CEMENTITIOUS* (W/C)
TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH*
(AKTIVATOR : KALIUM HIDROKSIDA + NATRIUM SILIKAT)**

Disusun Oleh :

Ivani Kristina Rambu Day Ndapanggau

21.21.009

**Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan
Pada tanggal 13 Agustus 2025**

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Mohammad Erfan, S.T., M.T.

NIP. P. 1031500508


I Nyoman Sudiasa, S.Si., M.Si

NIP. Y. 1030100362

Mengetahui,

Program Studi Teknik Sipil S-1




Dr. Yosmson P. Manaha, ST., MT

NIP. P. 1030300383

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENELITIAN PENGARUH FAKTOR AIR *CEMENTITIOUS* (W/C) TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* (AKTIVATOR : KALIUM HIDROKSIDA + NATRIUM SILIKAT)

Tugas Akhir ini telah dipertahankan di depan Dosen Pembahas Tugas Akhir
Jenjang S-1 pada tanggal 13 Agustus 2025 dan diterima untuk memenuhi salah
satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil S-1.

Disusun Oleh:

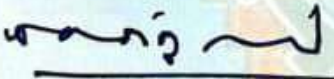
IVANI KRISTINA R. D. NDAPANGGAU

NIM 21.21.009

Dosen Penguji,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II


Ir. Sudriman Indra, M. Sc.

NIP. Y. 1018300054


Ir. Ester Priskasari, MT.

NIP. Y. 1039400265

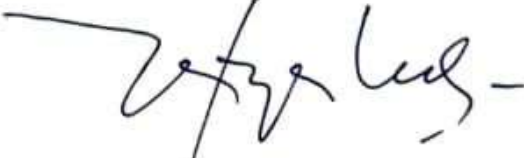
Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Sekretaris Program Studi Teknik

Sipil S-1


Dr. Yosimmon P. Manaha, S.T., M.T.
NIP. P. 1030300383


Nenny Roostrianawaty, ST., MT.
NIP. P. 1031700533

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ivani Kristina Rambu Day Ndapanggau

NIM : 21.21.009

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP)

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul :

**STUDI PENELITIAN PENGARUH FAKTOR AIR *CEMENTITIOUS* (W/C)
TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH*
(AKTIVATOR : KALIUM HIDROKSIDA + NATRIUM SILIKAT)**

merupakan hasil karya saya sendiri. Naskah ini bukan merupakan salinan maupun saduran penuh dari karya pihak lain, kecuali bagian tertentu yang telah dicantumkan dan diakui sumbernya secara jelas.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa Tugas Akhir ini mengandung unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan Tugas Akhir, pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh (Sarjana), serta menjalani proses sesuai ketentuan yang berlaku.

Malang, 22 Agustus 2025
Yang Membuat Pernyataan


 
Ivani Kristina Rambu Day Ndapanggau
21.21.009

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “**Studi Penelitian Pengaruh Faktor Air *Cementitious* (W/C) Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash* (Aktivator : Kalium Hidroksida + Natrium Silikat)**” dengan baik.

Dalam prosesnya penyusunan proposal ini, penulis menyadari tidak sedikit tantangan yang dihadapi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya karena telah membantu baik secara moril dan materi kepada :

1. Awan Uji Krismanto, S.T., M.T., Ph.D, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. Ir. Debby Budi Susanti, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Dr. Yosimson P. Manaha, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Nenny Roostrianawaty, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
5. Mohammad Erfan, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
6. I Nyoman Sudiasa, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
7. Orang tua tercinta, saudara dan segenap sahabat yang selalu memberikan dukungan moril dan materi kepada penulis.

Penulis menyadari dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Malang, April 2025

ABSTRAK

Ivani Kristina Rambu Day Ndapanggau, 2025, Studi Penelitian Pengaruh Faktor Air *Cementitious* (W/C) Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash* (Aktivator : Kalium Hidroksida + Natrium Silikat), Jurusan Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen Pembimbing : Mohammad Erfan, S.T., M.T. dan I Nyoman Sudiasa, S.Si., M.Si.

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap dampak lingkungan akibat penggunaan semen portland yang menghasilkan emisi CO₂ yang tinggi, beton geopolimer menjadi alternatif ramah lingkungan karena menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengikat dengan aktivator Kalium Hidroksida (KOH) dan Natrium Silikat (Na₂SiO₃). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor air cementitious (W/C) terhadap kuat tekan geopolimer berbasis *fly ash* dan menganalisis grafik hubungan antara faktor air cementitious (W/C) 0,7 – 1,0 terhadap kuat tekan beton geopolimer berbasis *fly ash*. Variasi faktor air cementitious yang digunakan adalah 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; dan 1,0. Benda uji yang digunakan adalah silinder Ø15x30 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3 hari dan 7 hari dengan proses perawatan (curing) pada suhu ruang. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai W/C cenderung menyebabkan penurunan kuat tekan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak air atau larutan alkali aktivator yang digunakan dalam campuran, kekuatan beton yang dihasilkan akan semakin berkurang.

Kata kunci : Beton Geopolimer, Faktor Air *Cementitious*, *Fly Ash*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	1
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Batasan Masalah.....	2
1.7 Hipotesis Penelitian.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Teori Umum Beton Geopolimer.....	8
2.3 Material Dasar Beton Geopolimer Berbasis <i>Fly Ash</i>	9
2.3.1 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	9
2.3.2 Agregat Kasar.....	11
2.3.3 Agregat Halus.....	11

2.3.4	Air	12
2.3.5	Alkali Aktivator.....	12
2.4	Pembentukan Geopolimer.....	13
2.5	Perawatan Beton Geopolimer (<i>Curing</i>)	13
2.6	Faktor Air Semen	14
2.7	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	14
2.8	Pengolahan Data.....	15
2.8.1	Interval Kepercayaan	15
2.8.2	Analisis Regresi	16
2.8.3	Pengujian Hipotesis.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.1.1	Tempat Penelitian.....	19
3.1.2	Waktu Penelitian	19
3.2	Metode Penelitian.....	20
3.3	Jumlah Sampel (Benda Uji)	21
3.4	Alat dan Bahan.....	21
3.4.1	Alat Penelitian.....	21
3.4.2	Bahan Penelitian.....	22
3.5	Metode Pengumpulan Data	22
3.5.1	Uji Kuat Tekan	22
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		26
4.1	Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Material Campuran Beton	26
4.1.1	Hasil Pemeriksaan Berat Isi	26
4.1.2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan.....	31
4.1.3	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat	36

4.1.4	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	38
4.1.5	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	39
4.1.6	Hasil Pemeriksaan Konsistensi Normal dan Waktu Ikat.....	42
4.1.7	Pembahasan Hasil Pemeriksaan Material	48
4.2	Perancangan Campuran (<i>Mix Design</i>)	51
4.2.1	Perancangan Campuran Beton	51
4.2.2	Perhitungan Kebutuhan Larutan Alkali Aktivator.....	58
4.2.3	Komposisi Akhir Campuran Beton Geopolimer	60
4.3	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	62
4.3.1	Persiapan Material dan Bekisting	62
4.3.2	Pengadukan dan Pencetakan Benda Uji.....	64
4.3.3	Perawatan Benda Uji.....	66
4.4	Pengujian <i>Slump</i> Beton Geopolimer	67
4.5	Analisis Data Kuat Tekan Silinder	69
4.6	Pengujian Interval Kepercayaan	77
4.7	Analisis Regresi	83
4.7.1	Analisis Regresi Kuat Tekan Beton Geopolimer Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,70 sampai 1,0.....	83
4.8	Pengujian Hipotesis.....	85
4.8.1	Pengujian Hipotesis Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,70 sampai 1,0 86	
4.9	Pembahasan.....	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		91
5.1	Kesimpulan	91
5.2	Saran.....	91

DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2 Persyaratan kimia	9
Tabel 2.3 Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i> Tipe C (PLTU)	10
Tabel 3.1 Variasi Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer	21
Tabel 4.1 Berat Isi Lepas/Gembur Agregat Halus	26
Tabel 4.2 Berat Isi Padat Agregat Halus	26
Tabel 4.3 Berat Isi Lepas/Gembur Agregat Kasar	28
Tabel 4.4 Berat Isi Padat Agregat Kasar	28
Tabel 4.5 Berat Isi Lepas/Gembur Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	29
Tabel 4.6 Berat Isi Padat Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	30
Tabel 4.7 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus I	32
Tabel 4.8 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus II	33
Tabel 4.9 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar I	34
Tabel 4.10 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar II.....	35
Tabel 4.11 Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	37
Tabel 4.12 Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	37
Tabel 4.13 Berat Jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Kasar.....	40
Tabel 4.14 Berat Jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Halus.....	41
Tabel 4.15 Data Pemeriksaan Konsistensi Normal	45
Tabel 4.16 Waktu Ikut Pasta Geopolimer	47
Tabel 4.17 Rangkuman Hasil Pemeriksaan Material	48
Tabel 4.18 Perkiraan Kadar Air Bebas	52

Tabel 4.19 Komposisi Akhir Campuran Beton Geopolimer Kondisi Lapangan per m ³	60
Tabel 4.20 Komposisi Akhir Campuran Beton Geopolimer kondisi Lapangan untuk Benda Uji 5 Silinder.....	60
Tabel 4.21 Nilai slump tiap variasi faktor air <i>Cementitious</i> (W/C) Beton Geopolimer Pada saat Pengecoran	68
Tabel 4.22 Hasil uji kuat tekan beton geopolimer silinder 15 x 30 pada umur 3 hari.....	73
Tabel 4.23 Hasil uji kuat tekan beton geopolimer silinder 15 x 30 pada umur 7 hari.....	74
Tabel 4.24 Tabel Uji t.....	78
Tabel 4.25 Data Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer W/C 0,70 umur ke-7	78
Tabel 4.26 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Geopolimer Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,70 sampai 1,0	80
Tabel 4.27 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Geopolimer umur 3 hari dengan Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,70 sampai 1,0.....	81
Tabel 4.28 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Geopolimer umur 7 hari dengan Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,70 sampai 1,0	82
Tabel 4.29 Data Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,70 sampai 1,0 dan Rata-rata Kekuatan Tekan Beton Geopolimer	83
Tabel 4.30 Data Regresi Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,70 sampai 1,0.....	84
Tabel 4.31 Tabel Uji t.....	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Sintesis Geopolimer (Davidovits, 1994).....	13
Gambar 2.2 Uji Kuat Tekan Beton.....	15
Gambar 3.1 <i>Compression testing machine</i>	23
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 4.1 Pemadatan Agregat Halus dalam Uji Berat Isi.....	27
Gambar 4.2 Pemadatan Agregat Kasar dalam Uji Berat Isi.....	29
Gambar 4.3 Penimbangan <i>Fly Ash</i> dalam Uji Berat Isi	30
Gambar 4.4 Proses Penyaringan Agregat.....	31
Gambar 4.5 Grafik Gradasi Agregat Halus I.....	32
Gambar 4.6 Grafik Gradasi Agregat Halus II	33
Gambar 4.7 Grafik Gradasi Agregat Kasar I.....	34
Gambar 4.8 Grafik Gradasi Agregat Kasar II	35
Gambar 4.9 Pemeriksaan Kadar Air pada Agregat Kasar dan Halus.....	36
Gambar 4.10 Proses Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Agregat.....	38
Gambar 4.11 Sampel Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.....	39
Gambar 4.12 Sampel Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.....	40
Gambar 4.13 Kondisi Adonan pada Metode Pertama.....	43
Gambar 4.14 Kondisi Adonan pada Metode Kedua.....	44
Gambar 4.15 Kondisi Adonan pada Metode Ketiga	45
Gambar 4.16 Grafik Konsistensi Normal Pasta Geopolimer	46
Gambar 4.17 Grafik Waktu Ikat Pasta Geopolimer	47
Gambar 4.18 Grafik Presentase Agregat Halus W/C 0,70	54

Gambar 4.19 Grafik Hubungan Berat Jenis Beton Segar dan Kadar Air Bebas	55
Gambar 4.20 Grafik Hubungan Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) dan Kebutuhan Jumlah Material untuk 5 Silinder	61
Gambar 4.21 Bekisting dan Peralatan lain yang Dibutuhkan untuk Pencampuran Beton	62
Gambar 4.22 Penimbangan agregat kasar	63
Gambar 4.23 Proses Pembuatan KOH 10 M	63
Gambar 4.24 Proses pengadukan campuran beton geopolimer	64
Gambar 4.25 Proses pemadatan campuran	65
Gambar 4.26 Campuran Beton Geopolimer setelah Dicetak dalam Bekisting	66
Gambar 4.27 Proses Perawatan Benda Uji	66
Gambar 4.28 Proses Pengujian Slump	67
Gambar 4.29 Grafik Hubungan Nilai Slump Dengan Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) Beton Geopolimer	68
Gambar 4.30 Benda Uji setelah Dicapping	69
Gambar 4.31 Pengujian kuat tekan sampel dengan kode 1	70
Gambar 4.32 Grafik Hubungan Kuat tekan rata-rata umur 3 hari dengan faktor air <i>cementitious</i> 0,70-1,0	75
Gambar 4.33 Grafik Hubungan Kuat tekan rata-rata umur 7 hari dengan faktor air <i>cementitious</i> 0,70-1,0	76
Gambar 4.34 Grafik Hubungan Kuat tekan rata-rata umur 3 dan 7 hari dengan faktor air <i>cementitious</i> 0,70-1,0	77

Gambar 4.35 Grafik Hubungan Kuat tekan rata-rata umur 3 dan 7 hari dengan faktor air <i>cementitious</i> 0,35-1,0	88
Gambar 4.36 Grafik Faktor Air Semen Beton Normal	88
Gambar 4.37 Grafik Hubungan Kuat Tekan Rata-rata dengan Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,7 sampai 1 pada umur 1 hari.....	89

DAFTAR NOTASI

$t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})}$ = Nilai t yang di dapat dari tabel distribusi t

A = Luas permukaann penampang benda uji (mm² atau cm²)

dk = Derajat kebebasan

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa atau kg/cm²)

F'cr = Kuat tekan rencana rata-rata

k = Banyaknya variabel

M = Molaritas

n = Banyaknya data

Mr = Massa relatif molekul

P = Beban maksimum yang diterima benda uji (N atau kg)

R = Koefisien korelasi

R² = Koefisien determinasi

S = Standar deviasi

V = Volume larutan

W/C = Faktor air *Cementitious*

Wh = Perkiraan Jumlah air untuk agregat halus

Wk = Perkiraan Jumlah air untuk agregat kasar

X = Variabel bebas.

Y = Variabel tak bebas (data hasil pengujian)

α = Koefisien kepercayaan

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata