

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

TUGAS AKHIR

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang



Disusun Oleh :

MARGARETH ELISABETH YEGHO

21.21.043

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2025/2026

LEMBAR PENGESAHAN

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

*Tugas Akhir ini telah Dipertahankan di Depan Dosen Pembahas Tugas Akhir
Jenjang Strata (S-1) Pada Hari Rabu 13 Agustus 2025 dan Diterima Untuk
Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S-1) Teknik Sipil.*

Disusun Oleh:

MARGARETH ELISABETH YEGHO

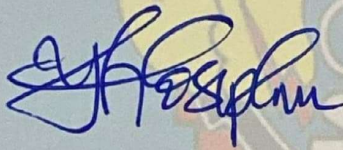
21.21.043

Malang,..... 2025

Dosen Penguji,

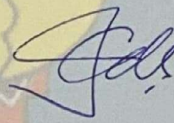
Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Dr. Yosimson P. Manaha, S.T., M.T.

NIP. P. 1030300383



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

NIP. P. 1030100362

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

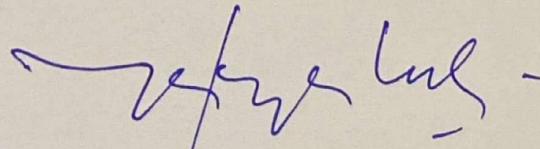
Sekretaris Program Studi Teknik

Sipil S-1



Dr. Yosimson P. Manaha, S.T., M.T.

NIP. P. 1030300383



Nenny Roostrianawaty, ST., MT.

NIP. P. 1031700533

LEMBAR PERSETUJUAN

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

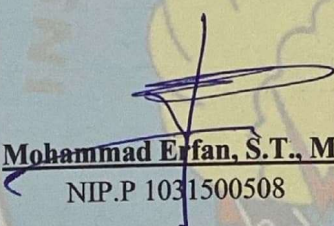
Disusun Oleh :

Margareth Elisabeth Yegho

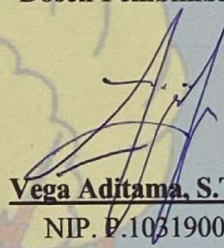
21.21.043

*Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Untuk diujikan Pada Hari Rabu, 13
Agustus 2025*

Dosen Pembimbing I


Mohammad Erfan, S.T., M.T
NIP.P 1031500508

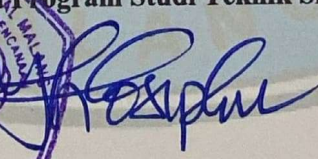
Dosen Pembimbing II


Vega Aditama, S.T., M.T
NIP. P.1031900559

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1




Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT

NIP. P. 1030300383

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MARGARETH ELISABETH YEGHO
NIM : 21.21.043
Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1
Fakultas : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN (FTSP)

Menyatakan bahwa Tugas Akhir Saya yang berjudul :

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

Adalah Sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya,di dalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi,dan itdak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain,Kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila Ternyata di dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI,saya bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, Agustus 2025



Penulis

Margareth Elisabeth Yegho

21.21.043

ABSTRAK

“STUDI PENELITIAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH DENGAN VARIASI FAKTOR AIR CEMENTITIOUS (W/C) (AKTIVATOR KALIUM HIDROKSIDA + NATRIUM SILIKAT)”

Oleh : Margareth Elisabeth Yegho (2121043). Pembimbing I : Mohammad Erfan, ST., M.T Pembimbing II : Vega Aditama ST., M.T. Program Studi Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi faktor air-*cementitious* (W/C) terhadap kuat tekan beton geopolimer berbasis *fly ash* dengan aktivator campuran kalium hidroksida (KOH) 10 M dan natrium silikat (Na_2SiO_3) pada umur 3 dan 7 hari. Metode penelitian dilakukan dengan variasi faktor (W/C) yaitu 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; dan 0,65. *Fly ash* digunakan sebagai material aluminosilikat utama, sedangkan aktivator alkali terdiri atas larutan KOH 10 M dan Na_2SiO_3 dengan rasio tertentu. Sampel dicetak berbentuk silinder, kemudian dilakukan curing pada suhu ruang. Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada umur 3 dan 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi faktor (W/C) berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada WC 0,35 dengan rata-rata 29,10 MPa pada umur 3 hari dan meningkat menjadi 33,38 MPa pada umur 7 hari. Sebaliknya, WC 0,65 menghasilkan kuat tekan terendah yaitu 17,68 MPa pada umur 3 hari dan 23,19 MPa pada umur 7 hari. Aktivator KOH 10 M bersama Na_2SiO_3 terbukti efektif mempercepat pembentukan struktur ikatan aluminosilikat, sehingga kekuatan awal (early strength) dapat dicapai dalam waktu singkat. Penelitian ini membuktikan bahwa terjadinya pengaruh yang signifikan Faktor air *cementitious* (W/C) terhadap kuat tekan beton yang mana, semakin tinggi (W/C) maka semakin rendah Kuat tekan beton yang di hasilkan.

Kata kunci : Beton Geopolimer, Kuat Tekan, Alkali Aktivator, *Fly Ash*, Faktor Air *Cementitious* (W/C).

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, karunia serta berkatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Studi Penelitian Kuat Tekan Beton Berbasis *Fly Ash* Dengan Variasi Faktor Air *Cementitious* (W/C) (Aktivator :Kalium Hidroksida+Natrium Silikat)** ” ini dengan baik.

Dengan adanya dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat kelulusan Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang. Penulis juga menyampaikan terima kasih atas segala bantuan, baik moril maupun materiil.

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. **Vega Aditama, S.T., M.T**, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, dan selaku Kepala Studio Tugas Akhir Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
7. Orang tua tercinta, saudara dan segenap sahabat yang selalu memberikan dukungan moril dan materi kepada penyusun.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih ada kekurangan. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan semoga proposal ini bermanfaat.

Malang, Agustus 2025

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Manfaat Penelitiann.....	3
1.7 Hipotesis Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Beton Geopolimer	8
2.3 Suhu.....	9
2.4 Material Dasar Penyusun Beton Geopolimer.....	9
2.4.1 Air	9
2.4.2 Agregat Kasar	10
2.4.3 Agregat Halus	10
2.4.4 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	11
2.4.5 Alkali Aktivator	12
2.5 Perawatan Beton Geopolimer (Curing)	14
2.6 Faktor Air Semen (FAS)	15
2.7 Pengujian Kuat Tekan Beton	17

2.8 Pengolahan Data	17
2.8.1 Interval Kepercayaan	17
2.8.2 Analisa Regresi	18
2.8.3 Defenisi Hipotesis.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.1.1 Tempat Penelitian.....	20
3.1.2 Waktu Penelitian	20
3.2 Metode Penelitian.....	21
3.3 Populasi dan Sampel	23
3.4 Alat dan Bahan	23
3.4.1 Alat Penelitian.....	23
3.4.2 Bahan Penelitian	24
3.5 Metode Pengumpulan Data	24
3.5.1 Uji Kuat Tekan	24
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	26
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Material Campuran Beton	28
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Berat Isi	28
4.1.2 Hasil Pengujian Gradasi Saringan.....	32
4.1.3 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Pada Agregat Halus.....	35
4.1.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat	36
4.1.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	37
4.1.6 Hasil Pemeriksaan Konsistensi Normal dan Waktu Ikat.....	39
4.2 Perancangan Campuran (<i>Mix Design</i>)	48
4.2.1 Perancangan Campuran Beton.....	48
4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Larutan Alkali Aktifator	85
4.2.3 Komposisi Akhir Campuran Beton Geopolimer	99
4.3 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	99
4.3.1 Persiapan Material dan Bekisting.....	99
4.3.3 Perawatan Benda Uji.....	102
4.4 Pengujian <i>Slump</i> Beton Geopolimer	102

4.5 Analisa Data Kuat Tekan Silinder.....	104
4.6 Pengujian Interval Kepercayaan	110
4.7 Analisa Regresi.....	116
4.7.1 Analisa Regresi Kuat Tekan Beton Geopolimer Faktor Air Cementitious (W/C) 0,35 sampai 0,65	116
4.8 Pengujian Hipotesis	123
4.8.1 Pengujian Hipotesis Faktor Air Cementitious (W/C) 0,35 sampai 0,65	
4.9 Pembahasan.	125
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	127
5.1 Kesimpulan.....	127
5.2 Saran	128
DAFTAR PUSTAKA	129
DOKUMENTASI PENELITIAN	131

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	5
Tabel 2. 2 Tabel Klasifikasi Kandungan Kimia <i>Fly ash</i>	11
Tabel 2. 3 Persyaratan Fisik <i>Fly Ash</i>	12
Tabel 2. 4 Perkiraan Kekuatan Tekan (Mpa Beton Dengan Faktor Air Semen,.....	16
Tabel 3. 1 Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i> Tipe C (PLTU Paiton)	21
Tabel 3. 2 Variasi Uji Kuat Tekan Beton.....	23
Tabel 4. 1 Berat Isi Lepas/ Gembur Agregat Kasar.....	28
Tabel 4. 2 Berat Isi Padat Agregat Kasar	28
Tabel 4. 3 Berat Isi Lepas/ Gembur Agregat Halus	29
Tabel 4. 4 Berat Isi Padat Agregat Halus	30
Tabel 4. 5 Berat Isi Lepas/ Gembur Abu Terbang (Fly Ash).....	31
Tabel 4. 6 Berat Isi Padat Abu Terbang (Fly Ash).....	31
Tabel 4. 7 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	33
Tabel 4. 8 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar.....	34
Tabel 4. 9 Kadar Air Agregat Kasar.....	36
Tabel 4. 10 Kadar Air Agregat Halus.....	37
Tabel 4. 11 Berat Jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Kasar	38
Tabel 4. 12 Berat Jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Halus	38
Tabel 4. 13 Berat Jenis dan Tingkat Penyerapan Abu Terbang (Fly Ash)	39
Tabel 4. 14 Konsistensi Normal Pasta Geopolimer.....	43
Tabel 4. 15 Waktu Ikat Pasta Geopolimer.....	44
Tabel 4. 16 Rangkuman Hasil Pemeriksaan Material	46
Tabel 4. 17 Perkiraan Kadar Air Bebas.....	49
Tabel 4. 18 Komposisi Akhir Campuran Beton Geopolimer	99
Tabel 4. 19 Komposisi Akhir Campuran Beton Geopolimer	99
Tabel 4. 20 Hasil Uji Slump.....	103
Tabel 4. 21 Hasil Uji Kuat Tekan Umur Ke-3 Hari.....	107
Tabel 4. 22 Hasil Uji Kuat Tekan Umur Ke-7 Hari.....	107
Tabel 4. 23 Tabel Uji T.....	111

Tabel 4. 24 Data Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer W/C 0,35 umur ke-3	111
Tabel 4. 25 Data Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer W/C 0,35 umur ke-7	112
Tabel 4. 26 Interval Kepercayaan Kuat Tekan (W/C) 0,35 sampai 0,65 Umur 3 Hari	114
Tabel 4. 27 Data Pengujian Kuat Tekan (W/C) 0,35 sampai 0,65 Umur 3 hari....	114
Tabel 4. 28 Interval Kepercayaan Kuat Tekan (W/C) 0,35 sampai 0,65 Umur 7 Hari	115
Tabel 4. 29 Data Pengujian Kuat Tekan (W/C) 0,35 sampai 0,65 Umur 7 hari....	115
Tabel 4. 30 Data Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) 0,35 sampai 0,65 dan Rata-Rata Kekuatan Tekan Beton Geopolimer Umur 3 Hari.....	116
Tabel 4. 31 Data Regresi (W/C) 0,35 sampai 0,65 Umur 3 Hari	117
Tabel 4. 32 Data 0,35 sampai 0,65 dan Rata-Rata Kekuatan Tekan Beton Geopolimer Umur 7 Hari	120
Tabel 4. 33 Data Regresi (W/C) 0,35 sampai 0,65 Umur 7 Hari	120
Tabel 4. 34 Tabel Uji T.....	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Fly ash</i>	11
Gambar 2. 2 Natrium Silikat (Na_2SiO_3)	13
Gambar 2. 3 Kalium Hidroksida (KOH).....	14
Gambar 2. 4 Curing beton geopolimer.....	15
Gambar 2. 5 Uji kuat tekan Beton	17
Gambar 3. 1 Alat uji kuat tekan	25
Gambar 3. 1 Alat Uji Kuat Tekan.....	25
Gambar 4. 1 Proses Pemadatan Agregat Kasar	29
Gambar 4. 2 Proses Pemadatan Agregat Halus	30
Gambar 4. 3 Penimbangan Agregat Halus dalam Uji Berat Isi.....	31
Gambar 4. 4 Proses Penyaringan Agregat	32
Gambar 4. 5 Proses Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Agregat	35
Gambar 4. 6 Agregat Kasar dan Agregat Halus yang Digunakan Dalam Pemeriksaan Kadar Air	36
Gambar 4. 7 Contoh sampel yang Direndam Air dalam Piknometer.....	37
Gambar 4. 8 Kondisi sampel pertama	40
Gambar 4. 9 Kondisi sampel kedua	42
Gambar 4. 10 Kondisi sampel ketiga	43
Gambar 4. 11 Bekisting dan Peralatan lain yang Dibutuhkan.....	100
Gambar 4. 12 Pencampuran manual Beton Geopolimer.....	101
Gambar 4. 13 Penumbukan 25 kali	101
Gambar 4. 14 Campuran Beton setelah Dicitak dalam Bekisting	101
Gambar 4. 15 Proses curing beton geopolimer	102
Gambar 4. 16 Pengujian Slump untuk (W/C) 0,35 (13 cm).....	103
Gambar 4. 17 Pengujian Slump untuk (W/C) 0,40 (15 cm).....	103
Gambar 4. 18 Pengujian Tekan Silinder (W/C) kode 18 umur 7 hari	109
Gambar 4. 19 Pengujian Tekan Silinder (W/C) kode 24 umur 7 hari	109
Gambar 4. 20 Pola Retak Silinder kode 15 umur 7 hari	110
Gambar 4. 21 Pola Retak Silinder kode 18 umur 7 hari	110

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2. 1 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air	16
Grafik 4. 1 Gradasi Agregat Halus.....	33
Grafik 4. 2 Gradasi Agregat Kasar.....	34
Grafik 4. 3 Konsistensi Normal Pasta Geopolimer.....	44
Grafik 4. 4 Waktu Ikat Pasta Geopolimer.....	45
Grafik 4. 6 Hubungan Berat Jenis Beton Segar.....	51
Grafik 4. 7 Persentase Agregat Halus W/C 0,4.....	55
Grafik 4. 8 Hubungan Berat Jenis Beton Segar.....	56
Grafik 4. 9 Persentase Agregat Halus W/C 0,45.....	60
Grafik 4. 10 Hubungan Berat Jenis Beton Segar.....	61
Grafik 4. 11 Persentase Agregat Halus W/C 0,5.....	65
Grafik 4. 12 Hubungan Berat Jenis Beton Segar dan.....	66
Grafik 4. 13 Persentase Agregat Halus W/C 0,55.....	70
Grafik 4. 14 Hubungan Berat Jenis Beton Segar.....	71
Grafik 4. 15 Persentase Agregat Halus W/C 0,6.....	75
Grafik 4. 16 Hubungan Berat Jenis Beton Segar dan.....	76
Grafik 4. 17 Persentase Agregat Halus W/C 0,65.....	80
Grafik 4. 18 Hubungan Berat Jenis Beton Segar dan.....	81
Grafik 4. 19 Hubungan Nilai Slump Dengan Faktor Air <i>Cementitious</i> (W/C) Beton Geopolimer.....	104
Grafik 4. 20 Hubungan Kuat Tekan Rata-Rata.....	108
Grafik 4. 21 Hubungan Kuat Tekan Rata-Rata.....	108
Grafik 4. 22 Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata.....	109
Grafik 4. 23 Grafik Faktor air <i>Cementitious</i> (W/C) Beton Geopolimer dan Grafik Faktor air <i>Cementitious</i> (W/C) Beton Normal.....	125

DAFTAR NOTASI

A	= Luas permukaan (mm^2)
B	= Berat piknometer diisi air
B_j	= Berat contoh kering permukaan jenuh
B_k	= Berat contoh kering oven
B_a	= Berat contoh didalam air
B_t	= Berat piknometer + contoh SSD + Air
d	= Berat isi pada suhu
D	= Diameter (mm)
$f'c$	= Tegangan tekan beton rencana (Mpa atau N/mm^2)
f_c	= Tegangan hasil uji
L	= Panjang (cm)
n	= Jumlah data
P	= Beban (N)
p	= Persentil $\frac{1}{2} (1 + \text{interval konfidensi})$
S	= Standar deviasi
tp	= Nilai t pada persentil P yang dipilih
V_1	= Tinggi pasir
V_2	= Tinggi lumpur
W/C	= Faktor air <i>cementitious</i>
W_1	= Berat benda uji semula (gram)
W_4	= Berat benda uji tertahan saringan No. 200 (gram)
W_5	= Berat contoh kering (gram)
W_h	= Estimasi konten air agregat halus (tidak dipecah)
W_k	= Estimasi konten ai agregat kasar (dipecah)
X	= Nilai rata-rata dari data yang diuji
Y	= Data hasil pengujian
σ	= Tegangan normal (N/mm^2)
$\sum x$	= Total dari jumlah variabel X

$\sum y$ = Total dari jumlah variabel Y

$\sum x^2$ = Kuadrat dari total variabel X

$\sum y^2$ = Kuadrat dari total variabel Y

$\sum xy$ = Hasil dari perkalian total jumlah variabel X dan Y

$\bar{Y}$ = Nilai Rata-rata Y

e = bilangan Euler