

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS KETAHANAN BETON GEOPOLIMER**  
**BERBASIS *FLY ASH* TERHADAP PANAS DENGAN**  
**VARIASI MOLARITAS DAN WAKTU PEMBAKARAN**



**MOHAMMAD TAQI WIKRAMA**

**03011282025064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS KETAHANAN BETON GEOPOLIMER**  
**BERBASIS *FLY ASH* TERHADAP PANAS DENGAN**  
**VARIASI MOLARITAS DAN WAKTU PEMBAKARAN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana**  
**Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas**  
**Sriwijaya**



**MOHAMMAD TAQI WIKRAMA**

**03011282025064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISIS KETAHANAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH TERHADAP PANAS DENGAN VARIASI MOLARITAS DAN WAKTU PEMBAKARAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**MOHAMMAD TAQI WIKRAMA**  
03011282025064

Palembang, Januari 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing,



Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

NIP. 198103102008011010

Mengetahui/ Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**ANALISIS KETAHANAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* TERHADAP PANAS DENGAN VARIASI MOLARITAS DAN WAKTU PEMBAKARAN**” ini. Dalam penyusunan tesis ini, penulis mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Seluruh keluarga tercinta yang selalu memberi dukungan dan doa atas penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya, serta Ibu Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
4. Mas Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, dukungan, ilmu yang bermanfaat, saran dan masukan serta banyak pengalaman dalam penyelesaian proposal tugas akhir ini.
5. Kak Budi Nayobi yang telah banyak membantu dan mendukung serta memberi masukan dan ilmu selama penyusunan tugas akhir.
6. Teman teman satu tim tugas akhir : Samuel Abdi Christofer Pasaribu, Muhammad Deni Saputra, Khairul Sobirin, dan Alif Satria Prayogo yang telah kebersamai baik suka dan duka selama penyelesaian laporan tugas akhir ini.
7. Semua teman-teman seangkatan 2020 program studi Teknik Sipil Universitas Sriwijaya

Akhir kata penulis sangat menyadari bahwa penulisan laporan yang telah dibuat ini jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran dari pembaca sangat

diperlukan. Semoga laporan tugas akhir yang telah dibuat ini dapat menjadi manfaat sehingga dapat menambah wawasan.

Indralaya, Januari 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials 'TW' followed by a horizontal line extending to the right.

Mohammad Taqi Wikrama

## DAFTAR ISI

| <b>Isi</b>                                   | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                   | <b>ii</b>      |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>               | <b>iii</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                   | <b>iv</b>      |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                       | <b>vi</b>      |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                    | <b>viii</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                    | <b>x</b>       |
| <b>DAFTAR GRAFIK .....</b>                   | <b>xi</b>      |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                 | <b>xii</b>     |
| <b>HALAMAN ABSTRAK .....</b>                 | <b>xiii</b>    |
| <b>HALAMAN ABSTRACT .....</b>                | <b>xiv</b>     |
| <b>HALAMAN RINGKASAN .....</b>               | <b>xv</b>      |
| <b>HALAMAN SUMMARY .....</b>                 | <b>xvi</b>     |
| <b>PERNYATAAN INTEGRITAS.....</b>            | <b>xvii</b>    |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>             | <b>xviii</b>   |
| <b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b> | <b>xix</b>     |
| <b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>            | <b>xx</b>      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                | <b>21</b>      |
| 1.1 Latar Belakang .....                     | 21             |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                    | 23             |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                   | 23             |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....           | 23             |
| 1.5 Sistematika Penulisan.....               | 24             |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>          | <b>25</b>      |
| 2.1 Penelitian Terdahulu.....                | 25             |
| 2.2 Beton Geopolimer .....                   | 26             |
| 2.3 Material Penyusun Geopolimer.....        | 27             |
| 2.3.1 Prekursor .....                        | 27             |
| 2.3.2 Alkali Aktivator.....                  | 31             |
| 2.3.3 Agregat .....                          | 32             |
| 2.3.3.1 Agregat Halus.....                   | 32             |
| 2.3.3.2 Agregat Kasar.....                   | 33             |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.3.4                                      | Air.....   | 34        |
| 2.4  | Perawatan ( <i>Curing</i> ) .....                          | 35        |
| 2.5  | Kuat Tekan .....   | 35        |
| 2.6  | Pengaruh Suhu Tinggi Terhadap Beton .....                  | 36        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b> |  | <b>38</b> |
| 3.1  | Umum.....  | 38        |
| 3.2  | Studi Literatur.....                                       | 38        |
| 3.3  | Alur Penelitian.....                                       | 38        |
| 3.4  | Material Penyusun .....                                    | 40        |
| 3.5  | Peralatan .....  | 41        |
| 3.6  | Tahapan Penelitian .....                                   | 45        |
| 3.6.1                                      | Tahap I.....   | 45        |
| 3.6.2                                      | Tahap II .....   | 46        |
| 3.6.3                                      | Tahap III.....   | 47        |
| 3.6.4                                      | Tahap IV .....   | 48        |
| 3.6.5                                      | Tahap V .....  | 49        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>   |  | <b>50</b> |
| 4.1  | Pengujian Agregat Halus.....                               | 50        |
| 4.1.1                                      | Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Air ..... | 50        |
| 4.1.2                                      | Pengujian Analisa Saringan.....                            | 52        |
| 4.1.3                                      | Pengujian Kandungan Kadar Lumpur .....                     | 53        |
| 4.1.4                                      | Pengujian Kadar Air.....                                   | 53        |
| 4.1.5                                      | Pengujian Kadar Organik .....                              | 55        |
| 4.2  | Pengujian Fly Ash .....                                    | 56        |
| 4.2.1                                      | Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....             | 56        |
| 4.2.2                                      | Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....             | 57        |
| 4.2.3                                      | Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....   | 58        |
| 4.3  | Pembakaran Sampel Beton Geopolimer.....                    | 59        |
| 4.4  | Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer.....                 | 64        |
| 4.4.1                                      | Kuat Tekan Beton Geopolimer 11 Mol.....                    | 64        |
| 4.4.2                                      | Kuat Tekan Beton Geopolimer 15 Mol.....                    | 66        |
| 4.4.3                                      | Kuat Tekan Beton Geopolimer 17 Mol.....                    | 67        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>     |  | <b>69</b> |
| 5.1  | Kesimpulan.....  | 69        |

|     |                            |           |
|-----|----------------------------|-----------|
| 5.2 | Saran.....                 | 70        |
|     | <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b> | <b>71</b> |
|     | <b>LAMPIRAN.....</b>       | <b>74</b> |



## DAFTAR GAMBAR

| <b>Gambar</b>  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| Gambar 2.1 Ikatan Polimerisasi Si dan Al (Davidovids,1994).....  | 26             |
| Gambar 2.2 Reaksi Geopolimerisasi (Nilmania, 2022) .....   | 27             |
| Gambar 2.3 Diagram <i>Alkali Activation</i> dari <i>Fly Ash</i> (Pacheco-Torgal et al., 2008)<br>..... | 30             |
| Gambar 2.4 Proses Geopolimerisasi <i>Fly Ash</i> (Zhuang et al.,2016).....                             | 31             |
| Gambar 2.5 Model Produk Reaksi Polimerisasi <i>Fly Ash</i> (Ryu et al.,2013).....                      | 31             |
| Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....  | 39             |
| Gambar 3.2 <i>Fly Ash</i> PT Pusri.....  | 40             |
| Gambar 3.3 Larutan NaOH 15 Mol .....   | 41             |
| Gambar 3.4 Mold 5x5x5 .....  | 42             |
| Gambar 3.5 Gelas Ukur.....   | 42             |
| Gambar 3.6 Gelas Beaker .....  | 43             |
| Gambar 3.7 Timbangan Digital .....   | 43             |
| Gambar 3.8 Oven .....  | 44             |
| Gambar 3.9 Mesin UTM.....  | 44             |
| Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD.....  | 56             |
| Gambar 4.2 Hasil Pengujian SEM .....   | 59             |
| Gambar 4.3 Sampel Beton Geopolimer Dengan Lama Pembakaran 30 Menit ....                                | 60             |
| Gambar 4.4 Sampel Beton Geopolimer Dengan Lama Pembakaran 60 Menit ....                                | 61             |
| Gambar 4.5 Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Beton Geopolimer.....   | 61             |
| Gambar 4.6 Sampel Beton Geopolimer Dengan Lama Pembakaran 120 Menit ..                                 | 62             |
| Gambar 4.7 Deformasi Yang Terjadi Pada Sampel Beton Geopolimer .....                                   | 62             |
| Gambar 4.8 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Lama Waktu<br>Pembakaran 120 Menit .....       | 63             |

## DAFTAR TABEL

| <b>Tabel</b>  | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| Tabel 2.2 Komposisi Kimia Penyusun <i>Fly Ash</i> Kelas F (Ekaputri dkk., 2014).... | 28             |
| Tabel 2.3 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus (ASTM C136-01) .....                    | 33             |
| Tabel 2.4 Batas – Batas Gradasi Agregat Kasar (ASTM C 33/03).....                   | 34             |
| Tabel 3.1 Mix Design Beton Geopolimer.....  | 48             |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Air.....           | 51             |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Nalisis Saringan Agregat Halus.....                       | 52             |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Air .....   | 55             |
| Tabel 4.4 Tabel Warna Pembanding (ASTM C40/C40M-11).....                            | 55             |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian XRF .....   | 58             |
| Tabel 4.6 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Variasi 11 Mol .....                           | 64             |
| Tabel 4.7 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Variasi 15 Mol .....                           | 66             |
| Tabel 4.8 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Variasi 17 Mol .....                           | 67             |

## DAFTAR GRAFIK

|  |    |
|--|----|
| Grafik 4.1 Gradasi Agregat Halus.....  | 53 |
| Grafik 4.2 Grafik Gradien Suhu Pembakaran ASTM E119-00a .....                  | 59 |
| Grafik 4.3 Grafik Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 11 Mol65 |    |
| Grafik 4.4 Grafik Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 15 Mol66 |    |
| Grafik 4.5 Grafik Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 17 Mol68 |    |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|  |    |
|--|----|
| LAMPIRAN 1 Lembar Asistensi Tugas Akhir.....                 | 75 |
| LAMPIRAN 2 Hasil Seminar Sidang Sarjana/Ujian Skripsi.....   | 76 |
| LAMPIRAN 3 Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir.....         | 77 |
| LAMPIRAN 4 Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir ..... | 78 |

# ANALISIS KETAHANAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH TERHADAP PANAS DENGAN VARIASI MOLARITAS DAN WAKTU PEMBAKARAN

Mohammad Taqi Wikrama<sup>1)</sup>, dan Bimo Brata Adhitya<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Email: [mtaqi.wikrama@gmail.com](mailto:mtaqi.wikrama@gmail.com)

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Email: [bimo@unsri.ac.id](mailto:bimo@unsri.ac.id)

## Abstrak

Kenaikan suhu rata-rata dunia menjadi salah satu permasalahan yang akan selalu muncul. Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), suhu rata-rata untuk bulan Juni 2023 di Indonesia adalah sebesar 27.5 C. Kenaikan suhu ini merupakan efek dari perubahan suhu global dimana salah satu penyebab utamanya adalah emisi gas rumah kaca pada produksi semen portland yang digunakan dalam produksi beton. Salah satu metode untuk mengurangi penggunaan semen dalam produksi beton adalah dengan menggunakan beton geopolimer. Geopolimer merupakan salah satu bahan perekat/pengikat alternatif yang cukup ramah lingkungan terbuat dari bahan baku yang memiliki kandungan oksida silika dan oksida aluminium yang tinggi antara lain fly ash, kaolin, abu sekam dan sebagainya. Beton geopolimer memiliki sifat yang tahan panas sehingga dalam situasi bencana kebakaran kerusakan struktural beton geopolimer dapat dikatakan minimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi molaritas NaOH dengan ketahanan beton geopolimer terhadap panas. Sampel beton geopolimer dibuat dengan 3 variasi molaritas yaitu 11, 15, dan 17 mol dengan metode curing oven selama 12 jam pada suhu 80 C. Setelah itu sampel beton geopolimer di letakkan di ruangan terbuka pada suhu ruangan selama 28 hari. Setelah 28 hari, sampel beton geopolimer dilakukan pembakaran berdasarkan grafik suhu ASTM E119-00a selama 30, 60, dan 120 menit. Setelah dilakukan pembakaran didapatkan kuat tekan sampel secara keseluruhan mengalami penurunan pada waktu pembakaran 30 menit, lalu mengalami kenaikan kuat tekan pada waktu pembakaran 60 menit untuk sampel variasi 11 dan 15 mol, dan mengalami penurunan secara keseluruhan untuk waktu pembakaran 120 menit.

**Kata kunci:** Beton geopolimer, fly ash, Kuat tekan, Suhu tinggi

Palembang, Januari 2024  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing,



Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.  
NIP. 198103102008011010



# HEAT RESISTANCE OF FLY ASH BASED GEOPOLYMER CONCRETE WITH VARIATION IN NaOH MOLARITY AND TIME EXPOSED TO HIGH TEMPERATURES

Mohammad Taqi Wikrama<sup>1)</sup>, dan Bimo Brata Adhitya<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Email: [mtaqi.wikrama@gmail.com](mailto:mtaqi.wikrama@gmail.com)

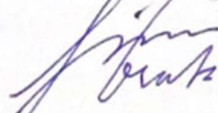
<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Email: [bimo@unsri.ac.id](mailto:bimo@unsri.ac.id)

## Abstract

The increase in the world's average temperature is one of the problems that will always arise. According to data from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG), the average temperature for June 2023 in Indonesia is 27.5 C. This temperature increase is an effect of global temperature changes where one of the main causes is greenhouse gas emissions in the production of Portland cement used in concrete production. One method to reduce the use of cement in concrete production is to use geopolymer concrete. Geopolymer is an environmentally friendly alternative adhesive/binder made from raw materials that have a high content of silica oxide and aluminum oxide, including fly ash, kaolin, husk ash and so on. Geopolymer concrete has heat-resistant properties so that in a fire disaster situation structural damage to geopolymer concrete can be said to be minimal. This study aims to determine how the effect of NaOH molarity variation with geopolymer concrete resistance to heat. Geopolymer concrete samples were made with 3 molarity variations namely 11, 15, and 17 mol with oven curing method for 12 hours at 80 C. After that, geopolymer concrete samples were placed in an open room at room temperature for 28 days. After 28 days, the geopolymer concrete samples were baked based on ASTM E119-00a temperature chart for 30, 60, and 120 minutes. After burning, the overall compressive strength of the sample decreased at 30 minutes of burning time, then experienced an increase in compressive strength at 60 minutes of burning time for 11 and 15 mol variation samples, and experienced an overall decrease for 120 minutes of burning time.

**Kata kunci:** Geopolymer concrete, fly ash, Compressive strength, high temperature

Palembang, Januari 2024  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing,



Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.  
NIP. 198103102008011010



## RINGKASAN

### ANALISIS KETAHANAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH TERHADAP PANAS DENGAN VARIASI MOLARITAS DAN WAKTU PEMBAKARAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 11 Januari 2024

Raihannisa Fitri; dibimbing oleh Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

xx + 48 halaman, 22 gambar, 12 tabel, 4 lampiran

Kenaikan suhu rata-rata dunia menjadi salah satu permasalahan yang akan selalu muncul. Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), suhu rata-rata untuk bulan Juni 2023 di Indonesia adalah sebesar 27.5 C. Kenaikan suhu ini merupakan efek dari perubahan suhu global dimana salah satu penyebab utamanya adalah emisi gas rumah kaca pada produksi semen portland yang digunakan dalam produksi beton. Salah satu metode untuk mengurangi penggunaan semen dalam produksi beton adalah dengan menggunakan beton geopolimer. Geopolimer merupakan salah satu bahan perekat/pengikat alternatif yang cukup ramah lingkungan terbuat dari bahan baku yang memiliki kandungan oksida silika dan oksida aluminium yang tinggi antara lain fly ash, kaolin, abu sekam dan sebagainya. Beton geopolimer memiliki sifat yang tahan panas sehingga dalam situasi bencana kebakaran kerusakan struktural beton geopolimer dapat dikatakan minimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi molaritas NaOH dengan ketahanan beton geopolimer terhadap panas. Sampel beton geopolimer dibuat dengan 3 variasi molaritas yaitu 11, 15, dan 17 mol dengan metode curing oven selama 12 jam pada suhu 80 C. Seterlah itu sampel beton geopolimer di letakkan di ruangan terbuka pada suhu ruangan selama 28 hari. Setelah 28 hari, sampel beton geopolimer dilakukan pembakaran berdasarkan grafik suhu ASTM E119-00a selama 30, 60, dan 120 menit. Setelah dilakukan pembakaran didapatkan kuat tekan sampel secara keseluruhan mengalami penurunan pada waktu pembakaran 30 menit, lalu mengalami kenaikan kuat tekan pada waktu pembakaran 60 menit untuk sampel variasi 11 dan 15 mol, dan mengalami penurunan secara keseluruhan untuk waktu pembakaran 120 menit.

**Kata kunci:** Beton geopolimer, fly ash, Kuat tekan, Suhu tinggi

## SUMMARY

### HEAT RESISTANCE OF FLY ASH BASED GEOPOLYMER CONCRETE WITH VARIATION IN NAOH MOLARITY AND TIME EXPOSED TO HIGH TEMPERATURES

Scientific paper in the form of Final Project, 11 Januari 2024

Raihannisa Fitri; Guide by Advisor Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xx + 48 pages, 22 images, 12 tables, 4 attachment

The increase in the world's average temperature is one of the problems that will always arise. According to data from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG), the average temperature for June 2023 in Indonesia is 27.5 C. This temperature increase is an effect of global temperature changes where one of the main causes is greenhouse gas emissions in the production of Portland cement used in concrete production. One method to reduce the use of cement in concrete production is to use geopolymer concrete. Geopolymer is an environmentally friendly alternative adhesive/binder made from raw materials that have a high content of silica oxide and aluminum oxide, including fly ash, kaolin, husk ash and so on. Geopolymer concrete has heat-resistant properties so that in a fire disaster situation structural damage to geopolymer concrete can be said to be minimal. This study aims to determine how the effect of NaOH molarity variation with geopolymer concrete resistance to heat. Geopolymer concrete samples were made with 3 molarity variations namely 11, 15, and 17 mol with oven curing method for 12 hours at 80 C. After that, geopolymer concrete samples were placed in an open room at room temperature for 28 days. After 28 days, the geopolymer concrete samples were baked based on ASTM E119-00a temperature chart for 30, 60, and 120 minutes. After burning, the overall compressive strength of the sample decreased at 30 minutes of burning time, then experienced an increase in compressive strength at 60 minutes of burning time for 11 and 15 mol variation samples, and experienced an overall decrease for 120 minutes of burning time.

**Kata kunci:** Geopolymer concrete, fly ash, Compressive strength, high temperature



## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

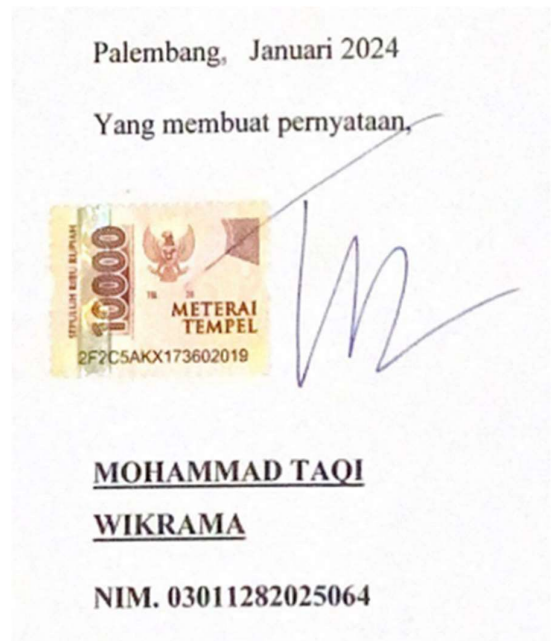
Nama : Mohammad Taqi Wikrama

Nim : 03011282025064

Judul : Analisis Ketahanan Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash Terhadap Panas Dengan Variasi Molaritas Dan Waktu Pembakaran

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah ini berupa Tugas Akhir dengan judul “Analisis Ketahanan Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash Terhadap Panas Dengan Variasi Molaritas Dan Waktu Pembakaran” yang disusun oleh Mohammad Taqi Wikrama, 03011282025064 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Januari 2024.

Palembang, 11 Januari 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

1. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.  
NIP. 198103102008011010



Dosen Penguji :

2. Dr. Ir. H. Maulid M. Iqbal, M.S  
NIP. 196009091988111001



## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mohammad Taqi Wikrama

NIM : 03011282025064

Judul : Analisis Ketahanan Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash Terhadap Panas Dengan Variasi Molaritas Dan Waktu Pembakaran

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak dipublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

**Palembang, Januari 2024**



**Mohammad Taqi Wikrama**

**NIM. 03011282025064**

## RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Mohammad Taqi Wikrama  
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 8 November 2003  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Agama : Islam  
Nomor HP : 082289939713  
E-mail : [mtaqiwikrama@gmail.com](mailto:mtaqiwikrama@gmail.com)

Riwayat Pendidikan :

| <b>Nama Sekolah</b>              | <b>Fakultas</b> | <b>Jurusan</b> | <b>Pendidikan</b> | <b>Masa</b> |
|----------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------|
| SD IT Harapan Mulia<br>Palembang |                 |                | SD                | 2008-2014   |
| SMP Kusuma Bangsa<br>Palembang   |                 |                | SMP               | 2014-2017   |
| SMA Kusuma Bangsa<br>Palembang   |                 | IPA            | SMA               | 2017-2020   |
| Universitas Sriwijaya            | Teknik          | Teknik Sipil   | S1                | 2020-2024   |

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Mohammad Taqi Wikrama

NIM. 03011282025064

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut data suhu udara Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), suhu rata – rata untuk bulan Juni 2023 adalah sebesar 27.5 C. Anomali suhu udara rata-rata pada bulan Juni 2023 menunjukkan anomali positif dengan nilai sebesar 0.5 °C. Anomali suhu udara Indonesia pada bulan Juni 2023 ini merupakan nilai anomali tertinggi ke-1 sepanjang periode pengamatan sejak 1981. Salah satu penyebab kenaikan suhu ini adalah produksi semen Portland (*Portland cement*) yang digunakan dalam proses produksi beton. Beton merupakan material bangunan yang paling banyak digunakan dalam konstruksi. Hal ini disebabkan oleh *properties* yang dimiliki beton, dimana beton memiliki ketahanan yang kuat dan harga yang relatif murah untuk di produksi secara massal. Untuk membuat beton diperlukan bahan baku berupa air, agregat, dan semen yang menjadi bahan pengikat (*binder*). Peran vital semen sebagai pengikat tunggal pada beton yang menghasilkan pembentukan material padat dengan kemampuan menahan beban tidak dapat disangkal. Penting untuk digarisbawahi bahwa semen portland biasa telah digunakan sebagai bahan penting bahan beton dalam konstruksi bahkan lebih dari 200 tahun. Beton konvensional diperkirakan diproduksi sekitar 6 miliar ton setiap tahun di seluruh dunia (Jamal et al., 2020).

Dengan permintaan pasokan semen yang terus meningkat, penggunaan agregat juga meningkat, terutama batu gamping, karena memiliki peran penting dalam produksi semen portland. Masalah yang muncul adalah kekhawatiran tentang kehabisan sumber daya bumi yang tidak dapat diperbarui, terutama karena konsumsi energi yang cepat meningkat selama abad ke-21. Sektor pertambangan dan penggalian yang aktif menyebabkan keprihatinan tentang penurunan cadangan sumber daya tak terbarukan di masa depan, karena mereka diambil dari lingkungan dan digunakan untuk tujuan ekonomi. Sumber daya tak terbarukan memiliki jumlah yang terbatas dan tidak bisa diperbaharui setelah dieksploitasi. Pemanfaatan berkelanjutan sumber daya alam menghadapi risiko dampak ekonomi permanen seperti hilangnya keanekaragaman hayati, pemanasan global, dan perubahan iklim.

Seiring dengan penggunaan semen yang luas, masalah terkait konsumsi energi dan polusi lingkungan menjadi hal yang tidak bisa dihindari. Emisi debu merupakan sumber utama pencemaran lingkungan selama pembuatan semen, misalnya debu dihasilkan selama transportasi, bongkar muat klinker untuk diendapkan di luar silo. CO<sub>2</sub> memang merupakan salah satu emisi gas rumah kaca utama yang juga menjadi penyumbang utama pemanasan global. Selama pembentukan CaO melalui produksi semen, CO<sub>2</sub> akan dilepaskan bersama uap air pada temperatur tinggi.

Salah satu metode untuk mengurangi penggunaan semen dalam produksi beton adalah dengan menggunakan beton geopolimer. Geopolimer merupakan salah satu bahan perekat/pengikat alternatif yang cukup ramah lingkungan terbuat dari bahan baku yang memiliki kandungan oksida silika dan oksida aluminium yang tinggi antara lain fly ash, kaolin, abu sekam dan sebagainya. Bahan baku ini terutama fly ash adalah produk limbah dari PLTU selanjutnya diaktifasi menggunakan larutan alkali yakni kombinasi campuran dari larutan sodium atau potassium dan larutan sodium silikat atau potassium silikat menghasilkan gel aluminosilikat yang berfungsi sebagai perekat atau pengikat (*binder*). Pada semen portland, reaksi kimia yang terjadi adalah reaksi hidrasi yang menghasilkan gel kalsium silikat hidrat (*calcium silicate hydrate*, C S H) sedangkan pada semen geopolimer, reaksi kimia yang terjadi adalah reaksi polimerisasi menghasilkan gel aluminosilikat atau Natrium silikat aluminat hidrat (*Sodium Silicate Aluminate Hydrate*, N S A H).

Beton yang menggunakan semen Portland (OPC) umumnya memiliki ketahanan terhadap api, tetapi sayangnya, saat terkena suhu tinggi akibat kebakaran, kekuatan tekan beton cenderung menurun karena mengalami perubahan fisik dan kimia. Selain itu, sering terjadi masalah selimut beton yang terlepas (*spalling*) dari beton berbasis semen Portland saat terjadi kebakaran, sehingga lapisan beton bagian dalam dan tulangan menjadi terbuka. Akibatnya, diperlukan biaya yang cukup besar untuk memperbaiki dan merehabilitasi struktur beton yang telah terkena kebakaran. Oleh karena itu, banyak upaya dilakukan untuk menemukan alternatif bahan perekat atau pengikat dengan ketahanan yang baik terhadap kekuatan tekan dan *spalling* agar dapat mengatasi masalah tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari paparan latar belakang di atas, Adapun rumusan masalah yang akan dijelaskan dalam laporan tugas akhir ini :

1. Bagaimana pengaruh variasi molaritas NaOH terhadap durabilitas beton geopolimer terhadap panas?
2. Bagaimana perbandingan durabilitas beton geopolimer terhadap lama pembakaran?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari laporan tugas akhir ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut :

1. Untuk melakukan analisis pengaruh variasi molaritas NaOH terhadap durabilitas beton geopolimer terhadap panas.
2. Untuk melakukan analisis perbandingan durabilitas beton geopolimer terhadap lama pembakaran.

## 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah dan tujuan di atas, ruang lingkup penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :

1. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PT. Pupuk Sriwijaya.
2. Agregat halus yang digunakan adalah pasir tanjung raja.
  - a. Gradasi pasir yang digunakan adalah Zona IV.
3. Konsentrasi Natrium Hidroksida (NaOH) yang digunakan sebesar 11, 15, dan 17 mol.
4. Rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan NaOH sebagai pembentuk larutan alkali yang digunakan adalah 3.
5. Rasio *fly ash* terhadap alkali aktivator (FA/AA) adalah 2.
6. Perawatan (*curing*) menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu  $80^\circ\text{C}$  dan *curing* suhu ruangan selama 28 hari.
7. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah mortar melewati proses *curing* 28 hari dan dikenakan suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 0, 30, 60, dan 120 menit.
8. Setiap variasi dan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali, sehingga total jumlah sampel adalah 36 sampel.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Agar proses penulisan laporan tugas akhir menjadi lebih teratur, elemen-elemen yang ada dalam ketiga bab proposal tersebut akan diorganisir menggunakan struktur penulisan berikut ini.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pendahuluan menguraikan tentang latar belakang penelitian, masalah yang akan di bahas dalam penelitian, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka berisi tentang pembahasan tinjauan literatur pada penelitian sebelumnya terkait teori dan literatur yang berkaitan dengan definisi mortar geopolimer, variasi molariats NaOH, pengaruh agregat halus pada mortar geopolimer, komponen bahan penyusun mortar geopolimer, serta hasil penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Jenis metodologi penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen. Bab ini membahas tentang metode dan langkah-langkah yang digunakan dalam mengumpulkan data serta tahapan penelitian yang dilakukan dan metode dalam menganalisis data yang dihasilkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Cornelis, Remigildus, and Iwan Rustendi. *Review Pengaruh Suhu Tinggi Terhadap Perilaku Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash*. 2020.
- Daniel L.Y. Kong, and Jay G Sanjayan. “Effect of Elevated Temperatures on Geopolymer Paste, Mortar and Concrete.” *Cement and Concrete Research*, vol. 40, no. 2, Feb. 2010, pp. 334–339, <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.10.017>.
- Ernawati Sri Sunarsih, et al. “Properties of Fly Ash-Slag-Based Geopolymer Concrete with Low Molarity Sodium Hydroxide.” *Civil Engineering Journal (Iran)*, vol. 9, no. 2, Feb. 2023, pp. 381–392, <https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-02-010>.
- Hassan, Amer, et al. “Fire Resistance Characteristics of Geopolymer Concrete for Environmental Sustainability: A Review of Thermal, Mechanical and Microstructure Properties.” *Environment, Development and Sustainability*, 2022, [doi.org/10.1007/s10668-022-02495-0](https://doi.org/10.1007/s10668-022-02495-0), <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02495-0>.
- Kljajević, Ljiljana M, et al. “Structural and Chemical Properties of Thermally Treated Geopolymer Samples.” *Ceramics International*, vol. 43, no. 9, June 2017, pp. 6700–6708, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.02.066>.
- M. Sivasakthi, et al. “Thermal and Structural Micro Analysis of Micro Silica Blended Fly Ash Based Geopolymer Composites.” *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 499, Nov. 2018, pp. 117–130, <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2018.07.027>.

- Mathew, George, and Benny Joseph. "Flexural Behaviour of Geopolymer Concrete Beams Exposed to Elevated Temperatures." *Journal of Building Engineering*, vol. 15, Jan. 2018, pp. 311–317, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.09.009>.
- Mohamad, Nabilla, et al. "Environmental Impact of Cement Production and Solutions: A Review." *Materials Today: Proceedings*, vol. 48, 2022, pp. 741–746, [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321012943](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321012943), <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.212>.
- Mugahed Amran, et al. "Fire Resistance of Geopolymer Concrete: A Critical Review." *Construction and Building Materials*, vol. 324, 2022, p. 126722, [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822004123](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822004123), <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126722>.
- Nisa Latifah Gandina, and Y Djoko Setiyarto. "STUDI EKSPERIMENTAL BETON GEOPOLIMER DENGAN MEMANFAATKAN FLY ASH SEBAGAI PENGANTI SEMEN DAN SERAT MAT SEBAGAI ADITIF." 2020.
- Rachman, Fathirul, and Taufan Kurniawan. *PENGARUH SUHU TINGGI TERHADAP PASTA GEOPOLIMER*. 2016.
- RADEN. "PENGARUH PENGGUNAAN SERAT POLYPROPYLENE TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH."
- Rasio, dan, et al. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*. 2022, [doi.org/10.26760/rekaracana](https://doi.org/10.26760/rekaracana), <https://doi.org/10.26760/rekaracana>.

Ridha Septiyana. *ANALISA KUAT TEKAN BETON NORMAL MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR TAK DIPECAH (KERIKIL) DENGAN BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER DAN ABU TERBANG SEBAGAI FILLER*. 2018.

Salmabanu Luhar, et al. “Fire Resistance Behaviour of Geopolymer Concrete: An Overview.” *Buildings*, vol. 11, no. 3, Mar. 2021, pp. 1–30, <https://doi.org/10.3390/buildings11030082>.

Vickers, Les, et al. *SPRINGER BRIEFS in MATERIALS Fire-r Esista Nt Geop Olyme Rs Role Of*. 2015.

Hussain, Jamal, et al. “The Impact of Natural Resource Depletion on Energy Use and CO2 Emission in Belt & Road Initiative Countries: A Cross-Country Analysis.” *Energy*, vol. 199, May 2020, p. 117409, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117409>.

BMKG. “Ekstrem Perubahan Iklim | BMKG.” *BMKG | Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika*, 2032, [www.bmkg.go.id/iklim/?p=ekstrem-perubahan-iklim](http://www.bmkg.go.id/iklim/?p=ekstrem-perubahan-iklim).

Lahoti, M., Wong, K. K., Yang, E. H., & Tan, K. H. (2018). Effects of Si/Al molar ratio on strength endurance and volume stability of metakaolin geopolymers subject to elevated temperature. *Ceramics International*, 44(5), 5726–5734. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.12.226>

Brata, B. (2023). Compressive Strength Investigation of Geopolymer Mortar toward Optimize Mix Formula of Fly Ash and Natrium Hydroxide.

ASTM. (2010). ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS (Vol. 01).