

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN KOMPOSISI *FLY ASH* DAN *PERLITE*
BETON GEOPOLIMER BERDASARKAN FASA KRISTAL DAN
STRUKTUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE XRD (*X-RAY*
DIFFRACTION)**



Intelligentia - Dignitas

Disusun Oleh:

MOHAMMAD TAUPAN TRISTANTO

1517618018

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

**PROGRAM STUDI REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN I

Judul : Analisis Perbandingan Komposisi *Fly Ash* dan *Perlite* Beton Geopolimer Berdasarkan Fasa Kristal dan Struktur Dengan Menggunakan Metode XRD (*X-Ray Diffraction*)

Penyusun : Mohammad Taupan Trisanto

NIM : 1517618018

Tanggal Ujian : 3 Juli 2024

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Fransisca Maria Farida, M.T.

NIP. 197612212008122002

Pembimbing II



Prof. Dr. Setia Budi, M.Sc.

NIP. 197902162005011001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Universitas Negeri Jakarta



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D.

NIP. 197102232006041001



LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : Analisis Perbandingan Komposisi *Fly Ash* dan *Perlite* Beton Geopolimer Berdasarkan Fasa Kristal dan Struktur Dengan Menggunakan Metode XRD (*X-Ray Diffraction*)


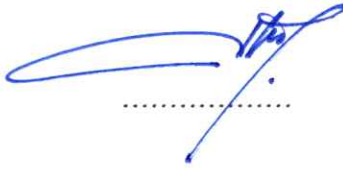

Penyusun : Mohammad Taupan Tristanto

NIM : 1517618018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

| NAMA DOSEN | TANDA TANGAN | TANGGAL |
|--|---|-------------|
| <u>Fransisca Maria Farida, M.T.</u> NIP. 197612212008122002 (Dosen Pembimbing I) |  | 21/10/2024. |
| <u>Prof. Dr. Setia Budi, M.Sc.</u> NIP. 197902162005011001 (Dosen Pembimbing II) |  | 21/10-24 |

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

| | | |
|---|---|------------|
| <u>Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D.</u> NIP. 197102232006041001 (Ketua Penguji) |  | 21/10/2024 |
| <u>Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T.</u> NIP. 198310132008121002 (Sekretaris) |  | 21/10/24 |
| <u>Dr. Hanhan Dianhar, M.Si.</u> NIP. 199009292015041003 (Dosen Ahli) |  | 21/10/2024 |

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Universitas Negeri Jakarta



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D.
NIP. 197102232006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : MOHAMMAD TAUPAN TRISTANTO
NIM : 1517618018
Fakultas/Prodi : TEKNIK / REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN
Alamat email : MTAUFANTRISTANTO@GMAIL.COM

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

ANALISIS PERBANDINGAN KOMPOSISI FLY ASH DAN PERLITE BETON
GEOPOLIMER BERDASARKAN FASA KRISTAL DAN STRUKTUR DENGAN
MENGUNAKAN METODE XRD (X-RAY DIFFRACTION)

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta

Penulis

(M. TAUPAN TRISTANTO)
nama dan tanda tangan

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Mohammad Taupan Tristanto
NIM : 1517618018
Tempat, tanggal lahir : Bogor, 06 April 2000
Alamat : Jl. Pamikul 3 No. 8, Kel. Tegal Gundil
Kec. Bogor Utara, Kota Bogor.

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 21 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Mohammad Taupan Tristanto

NIM. 1517618018

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, petunjuk dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Analisis Perbandingan Komposisi *Fly Ash* dan *Perlite* Beton Geopolimer Berdasarkan Fasa Kristal dan Struktur Dengan Menggunakan Metode XRD (*X-Ray Diffraction*)". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dalam Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta doa restu dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua dan kakak yang telah memberi dukungan berupa semangat dan doa.
2. Bapak Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D., selaku pembimbing akademik dan Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran yang selalu memberi masukan, bimbingan, dan arahan kepada mahasiswanya dalam menyelesaikan skripsi.
3. Ibu Fransisca Maria Farida, M.T., selaku dosen pembimbing I pada penelitian ini, yang senantiasa bersabar dalam memberi arahan, bimbingan, ataupun saran masukan dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Setia Budi, M.Sc., selaku dosen pembimbing II pada penelitian ini yang dengan penuh keikhlasan dan kesabaran membimbing peneliti dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Riza Wirawan, M.T., sebagai pihak yang telah membantu dalam pengujian XRD di Laboratorium Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi Institut Teknologi Bandung.
6. Seluruh dosen beserta staff pada Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
7. Material untuk pembuatan beton geopolimer, pengujian komposisi bahan-bahan pembentuk beton geopolimer, dan pengujian properti mekanis beton

geopolimer berasal dari dana penelitian FT UNJ tahun 2022 dan 2023 atas nama Fransisca Maria Farida.

8. Laboratorium Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi Institut Teknologi Bandung sebagai tempat karakterisasi sampel material beton geopolimer.
9. Mohamad Farizal Fikri, Noor Alamsyah Ubaed, Faisal Rizki sebagai rekan sekelompok yang banyak membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini, dan dengan sabar selalu mengingatkan peneliti untuk segera menyelesaikan penelitian ini.
10. Seluruh teman-teman dari prodi Rekayasa Keselamatan Kebakaran angkatan 2018.
11. Pihak-pihak lain yang tercinta atas segala bantuan, dukungan, dan kontribusinya yang tidak dapat disebutkan secara langsung namun turut berperan dalam kelancaran penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan laporan akhir skripsi penulis menyadari masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat terbuka menerima kritik dan saran, dan meminta maaf sebesar-besarnya, Besar harapan penelitian skripsi ini dapat bermanfaat dan dijadikan refrensi terhadap pembaca.

Jakarta, 21 Oktober 2024

Intelligentia - Dignitas

Mohammad Taupan Trisanto

1517618018

ABSTRAK

Mohammad Taupan Tristanto. Fransisca Maria Farida, M.T. dan Prof. Dr. Setia Budi, M.Sc. 2024. *Analisis Perbandingan Komposisi Fly Ash dan Perlite Beton Geopolimer Berdasarkan Fasa Kristal dan Struktur Dengan Menggunakan Metode XRD (X-Ray Diffraction)*. Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Proteksi kebakaran pasif merupakan bagian dari konstruksi bangunan. Proteksi kebakaran pasif yang ada saat ini memiliki kekurangan. Beton geopolimer merupakan salah satu alternatif pembuatan proteksi kebakaran pasif. Kelebihan beton geopolimer adalah ramah terhadap lingkungan dan tahan terhadap api. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton geopolimer dengan lima variasi perbandingan komposisi *fly ash* dan *perlite*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Teknik pengumpulan data menggunakan teknik perancangan komposisi bahan utama beton geopolimer, pembuatan sampel beton geopolimer, pengujian bakar sampel, dan peng-karakteristik an sampel beton geopolimer menggunakan metode XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mendapatkan fasa kristal dan struktur material beton geopolimer. Sementara software match 4.0. merupakan teknik analisis data. Data yang digunakan pada metoda XRD adalah perbandingan *fly ash* terhadap *perlite* dari 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%, dan 0%:100%. Data hasil karakterisasi XRD dibandingkan dengan data pengujian kuat tekan kelima komposisi geopolimer. Pengurangan nilai kuat tekan terjadi pada saat struktur material terbakar adalah SiO₂ dan Al. Hal berbeda apabila terdapat penambahan Cl maka kuat tekan akan semakin besar. Penambahan Al pada struktur material dibakar atau tidak dibakar akan mengurangi kuat tekan saat dibakar tetapi tidak sebesar pada penambahan Al. Penelitian mikro (karakterisasi) berhubungan dengan hasil yang diperoleh pada penelitian makro (uji kuat tekan). Variasi terbaik komposisi beton geopolimer berbahan dasar fly ash adalah penggunaan 50% *fly ash* dan 50% *perlite* dengan melalui

proses *curing* 28 hari dan di uji bakar di suhu mencapai 900°C selama 2 jam dan di karakterisasi menggunakan metode XRD (*X-Ray Diffraction*).

Kata Kunci: Beton Geopolimer, *Fly Ash*, *Perlite*, XRD (*X-Ray Diffraction*)



Intelligentia - Dignitas

ABSTRACT

Mohammad Taupan Tristanto. Fransisca Maria Farida, M.T. dan Prof. Dr. Setia Budi, M.Sc. 2024. *Analisis Perbandingan Komposisi Fly Ash dan Perlite Beton Geopolimer Berdasarkan Fasa Kristal dan Struktur Dengan Menggunakan Metode XRD (X-Ray Diffraction)*. Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Passive fire protection is part of building construction. Current passive fire protection has its drawbacks. Geopolymer concrete is an alternative for making passive fire protection. The advantages of geopolymer concrete are that it is environmentally friendly and fire resistant. This research aims to determine the characteristics of geopolymer concrete with five variations in the composition ratio of fly ash and perlite. The method used in this research is an experimental method. The data collection technique uses techniques for designing the composition of the main geopolymer concrete material, making geopolymer concrete samples, burning samples, and characterizing geopolymer concrete samples using the XRD (X-Ray Diffraction) method to obtain the crystal phase and material structure of geopolymer concrete. Meanwhile the match software is 4.0. is a data analysis technique. The data used in the XRD method is a ratio of fly ash to perlite of 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%, and 0%:100%. The XRD characterization results data were compared with the compressive strength test data for the five geopolymer compositions. A reduction in the compressive strength value occurs when the burning material structure is SiO_2 and Al. The different thing is that if there is additional Cl, the compressive strength will be greater. The addition of Al to the structure of burned or unburned material will reduce the compressive strength when burned but not as much as the addition of Al. Micro research (characterization) is related to the results obtained in macro research (compressive strength test). The best variation in the composition of geopolymer concrete made from fly ash is the use of 50% fly ash and 50% perlite with a 28 day curing process and a burn test at a temperature of up to

900°C for 2 hours and characterization using the XRD (X-Ray Diffraction) method.

Keyword: *Fly Ash, Geopolymer, Perlite, XRD (X-Ray Diffraction).*



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| LEMBAR PENGESAHAN I..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN II | iii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| ABSTRAK | vii |
| <i>ABSTRACT</i> | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah..... | 3 |
| 1.3 Pembatasan Masalah | 3 |
| 1.4 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.5 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.6 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Landasan Teori..... | 6 |
| 2.1.1 Beton | 6 |
| 2.1.2 Beton Geopolimer | 6 |
| 2.1.3 Komposisi Penyusun Beton Geopolimer | 8 |
| 2.1.4 <i>Curing</i> Beton Geopolimer..... | 14 |
| 2.1.5 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)..... | 14 |
| 2.1.6 Uji Bakar Beton Geopolimer | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2 Penelitian yang Relevan..... | 16 |
| 2.3 Kerangka Konseptual..... | 20 |
| 2.4 Hipotesis Penelitian..... | 20 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 21 |
| 3.1 Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian..... | 21 |
| 3.2 Populasi dan Sampel Penelitian | 21 |
| 3.2.1 Populasi..... | 21 |
| 3.2.2 Sampel Penelitian..... | 21 |
| 3.3 Metode, Rancangan, dan Prosedur Penelitian..... | 22 |
| 3.3.1 Metode Penelitian..... | 22 |
| 3.3.2 Rancangan Penelitian..... | 23 |
| 3.3.3 Prosedur Penelitian..... | 24 |
| 3.4 Pengujian Beton Geopolimer | 25 |
| 3.4.1 Uji Bakar Beton Geopolimer | 25 |
| 3.4.2 Pengujian XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)..... | 26 |
| 3.5 Analisis Data | 27 |
| 3.5.1 Analisis Kualitatif..... | 27 |
| 3.5.2 Analisis Kuantitatif..... | 27 |
| 3.6 Instrumen Penelitian..... | 30 |
| 3.6.1 Alat Penelitian..... | 30 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 34 |
| 4.1 Kristalinitas Pada Beton Geopolimer..... | 34 |
| 4.2 Karakteristik Beton Geopolimer | 36 |
| 4.2.1 Komposisi 1 | 36 |
| 4.2.2 Komposisi 2 | 38 |
| 4.2.3 Komposisi 3 | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.4 Komposisi 4 | 40 |
| 4.2.5 Komposisi 5 | 41 |
| 4.3 <i>Rietveld</i> Aplikasi Match 4.0 untuk komposisi 1 sampai dengan komposisi 5 | 42 |
| 4.3.1 Komposisi 1 | 43 |
| 4.3.2 Komposisi 2 | 44 |
| 4.3.3 Komposisi 3 | 45 |
| 4.3.4 Komposisi 4 | 46 |
| 4.3.5 Komposisi 5 | 47 |
| 4.4 Kuat Tekan | 48 |
| 4.5 Hubungan Kuat Tekan, Kristalinitas, dan Struktur Material..... | 49 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 50 |
| 5.1 Kesimpulan | 50 |
| 5.2 Saran..... | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 53 |
| LAMPIRAN..... | 57 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | 62 |

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Susunan Saringan Agregat Halus | 9 |
| Tabel 2.2 Penelitian yang Relevan | 16 |
| Tabel 3.1 Sampel Penelitian Beton Geopolimer | 22 |
| Tabel 4.1 Persen Kristalinitas..... | 35 |
| Tabel 4.2 Struktur Material Komposisi 1 | 37 |
| Tabel 4.3 Struktur Material Komposisi 2 | 38 |
| Tabel 4.4 Struktur Material Komposisi 3 | 39 |
| Tabel 4.5 Struktur Material Komposisi 4 | 40 |
| Tabel 4.6 Struktur Material Komposisi 5 | 41 |
| Tabel 4.7 Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer | 48 |
| Tabel 4.8 Hubungan Antara Kuat Tekan, Kristalinitas, dan Struktur Material | 49 |



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Struktur Polisialat..... | 7 |
| Gambar 2.2 Agregat Halus..... | 8 |
| Gambar 2.3 Agregat Kasar..... | 9 |
| Gambar 2.4 <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang)..... | 10 |
| Gambar 2.5 <i>Perlite</i> | 11 |
| Gambar 2.6 Natrium Hidroksida (NaOH)..... | 12 |
| Gambar 2.7 Natrium Silikat (Na ₂ SiO ₃)..... | 13 |
| Gambar 2.8 Air (H ₂ O)..... | 13 |
| Gambar 2.9 Difraksi Sinar-X..... | 14 |
| Gambar 2.10 Tempat uji bakar beton geopolimer..... | 16 |
| Gambar 2.11 Kerangka Konseptual..... | 20 |
| Gambar 3.1 Rancangan Penelitian..... | 23 |
| Gambar 3.2 Sampel Beton Geopolimer Yang Sudah Jadi..... | 24 |
| Gambar 3.3 Uji Bakar Beton Geopolimer..... | 25 |
| Gambar 3.4 Pengujian Beton Geopolimer Menggunakan XRD..... | 27 |
| Gambar 3.5 Pemilihan Puncak-Puncak pada Difraktogram..... | 28 |
| Gambar 3.6 Nilai FoM..... | 28 |
| Gambar 3.7 Identifikasi Fasa pada sampel Beton Geopolimer..... | 29 |
| Gambar 3.8 Laporan File Identifikasi Fasa pada sampel Beton Geopolimer..... | 29 |
| Gambar 3.9 Ember..... | 30 |
| Gambar 3.10 Timbangan Digital..... | 30 |
| Gambar 3.11 Sekop..... | 31 |
| Gambar 3.12 Sarung Tangan <i>Safety</i> | 31 |
| Gambar 3.13 Molen..... | 31 |
| Gambar 3.14 Bekisting Beton Geopolimer..... | 32 |
| Gambar 3.15 Lumpang dan Alu Marmer..... | 32 |
| Gambar 3.16 Kolam <i>Curing</i> Beton Geopolimer..... | 33 |
| Gambar 3.17 Alat Pengujian XRD Beton Geopolimer..... | 33 |
| Gambar 4.1 Area Kristalin dan Area <i>Amorf</i> | 34 |
| Gambar 4.2 Hasil Kristalinitas Beton Geopolimer Menggunakan XRD..... | 35 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.3 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 1 | 37 |
| Gambar 4.4 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 2 | 38 |
| Gambar 4.5 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 3 | 39 |
| Gambar 4.6 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 4 | 40 |
| Gambar 4.7 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 5 | 41 |
| Gambar 4.8 Perbandingan Hasil <i>Rietveld Refinement</i> Komposisi 1 | 43 |
| Gambar 4.9 Perbandingan Hasil <i>Rietveld Refinement</i> Komposisi 2 | 44 |
| Gambar 4.10 Perbandingan Hasil <i>Rietveld Refinement</i> Komposisi 3 | 45 |
| Gambar 4.11 Perbandingan Hasil <i>Rietveld Refinement</i> Komposisi 4 | 46 |
| Gambar 4.12 Perbandingan Hasil <i>Rietveld Refinement</i> Komposisi 5 | 47 |



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Komposisi Sampel..... | 57 |
| Lampiran 2. Komposisi <i>Perlite</i> | 59 |
| Lampiran 3. Dokumentasi Pembuatan Beton Geopolimer | 60 |
| Lampiran 4. Dokumentasi Pengujian XRD | 61 |



Intelligentia - Dignitas