

**TUGAS AKHIR**

**HUBUNGAN ANTARA NILAI KUAT TEKAN BEBAS ( $q_u$ )  
DAN RATIO DISINTEGRASI ( $D_R$ ) PADA TANAH  
*CLAY SHALE* DENGAN CAMPURAN GEOPOLIMER**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik

di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh:**

**Arifa Sagita Sevi**

**20180110088**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arifa Sagita Sevi  
NIM : 20180110088  
Judul : Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) dan  
Ratio Disintegrasi ( $D_r$ ) pada Tanah *Clay Shale* dengan  
Campuran Geopolimer

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Arifa Sagita Sevi

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arifa Sagita Sevi

NIM : 20180110088

Judul : Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) dan Ratio Disintegrasi ( $DR$ ) pada Tanah *Clay Shale* dengan Campuran Geopolimer

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul “Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) dan Ratio Disintegrasi ( $DR$ ) pada Tanah *Clay Shale* dengan Campuran Geopolimer” dan didanai melalui skema hibah Program Peningkatan Tri Dharma Perguruan Tinggi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada tahun 2022 oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2021/2022 dengan nomor hibah 01/RIS-LRI/I/2022.

Penulis,



Arifa Sagita Sevi

Yogyakarta, Juli 2024

Dosen Peneliti,



Dr. Ir. Edi Hartono, S.T., M.T.

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Tugas akhir ini dikerjakan atas izin dari Allah SWT dan dipersembahkan kepada-Nya atas ilmu, karunia, kesehatan dan kemudahan yang telah diberikan sehingga dalam pengerjaan Tugas Akhir dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini juga merupakan bentuk ucapan terima kasih kepada ayah saya, Bapak Sugito, ibu kandung saya, Ibu Yoni Sulistyowati yang telah memenuhi dan mencukupi kebutuhan saya terutama dalam hal Pendidikan, dan dua saudara saya, Alfahru Yogilio Ichlas Inzaqi dan Arimbi Putri Gita. Serta teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat saat mengerjakan laporan tugas akhir.

Kepada Bapak Dr. Ir. Edi Hartono, S.T., M.T dan Ibu Ir. Anita Widianti, M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan memberikan ilmunya sehingga Tugas Akhir dapat terselesaikan, serta Bapak/Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah mengajarkan ilmu yang bermanfaat.

## PRAKATA



*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian bertujuan untuk memanfaatkan limbah abu terbang yang ada disekitar kita.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Bapak Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Bapak Dr. Ir. Edi Hartono, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir,
3. Ibu Ir. Anita Widianti, M.T. selaku Dosen Penguji Tugsa Akhir,

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab*

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, Juli 2024

Penyusun

## DAFTAR ISI

|   |       |
|---|-------|
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....             | iii   |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                        | iv    |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                        | v     |
| HALAMAN PERSEMBAHAN.....                        | vi    |
| PRAKATA.....                                    | vii   |
| DAFTAR ISI.....                                 | viii  |
| DAFTAR TABEL.....                               | x     |
| DAFTAR GAMBAR .....                             | xi    |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                            | xiii  |
| DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....                  | xiv   |
| DAFTAR SINGKATAN .....                          | xv    |
| DAFTAR ISTILAH .....                            | xvi   |
| ABSTRAK.....                                    | xvii  |
| <i>ABSTRACT</i> .....                           | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN.....                          | 1     |
| 1.1 Latar Belakang.....                         | 1     |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                        | 1     |
| 1.3 Lingkup Penelitian.....                     | 2     |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                      | 2     |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                     | 2     |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 3     |
| 2.1 Tinjauan Pustaka.....                       | 3     |
| 2.2 Dasar Teori .....                           | 6     |
| 2.2.1 Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) .....          | 6     |
| 2.2.2 Uji Durabilitas.....                      | 7     |
| 2.2.3 Rasio Disintegritas ( $D_R$ ).....        | 8     |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                  | 10    |
| 3.1 Bahan atau Materi.....                      | 10    |
| 3.2 Alat .....                                  | 12    |
| 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....            | 15    |
| 3.4 Tahapan Penelitian.....                     | 15    |
| 3.5 Analisis Data.....                          | 16    |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....    | 18    |
| 4.1 Hasil Pengujian.....                        | 18    |

|  |      |
|--|------|
| 4.1.1 Hasil Pengujian Tekan Bebas ( $q_u$ ).....   | 18   |
| 4.1.2 Hasil Pengujian Rasio Disintegrasi ( $D_R$ ).....  | 18   |
| 4.2 Hasil Pembahasan .....   | 22   |
| 4.2.1 Perbandingan Nilai Rasio Disintegrasi ( $D_R$ ) Tanpa Geopolimer dengan<br>Nilai Rasio Disintegrasi ( $D_R$ ) Menggunakan Geopolimer ..... | 22   |
| 4.2.2 Pengaruh nilai Rasio Disintegrasi ( $D_R$ ) terhadap Lamanya Siklus<br>Durabilitas .....   | 23   |
| 4.2.3 Hubungan Nilai Tekan Bebas ( $q_u$ ) dengan Rasio Disintegrasi ( $D_R$ )...  | 26   |
| BAB V.....   | 30   |
| KESIMPULAN DAN SARAN.....  | 30   |
| 5.1 Kesimpulan.....  | 30   |
| 5.2 Saran .....  | 30   |
| DAFTAR PUSTAKA .....   | xx   |
| LAMPIRAN.....  | xxii |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Hal yang harus diperhatikan dalam pengamatan <i>Mudrock</i> dan Pendeskripsiannya (Tucker, 2003) .....   | 3  |
| Tabel 2.2 Komposisi dan Klasifikasi <i>Fly Ash</i> .....   | 4  |
| Tabel 2.3 Komposisi kimia <i>Fly Ash</i> kelas F .....   | 5  |
| Tabel 2.4 Klasifikasi berdasarkan rasio disintegrasi (Erguler dan Shakoor, 2009) .....   | 9  |
|  |    |
| Tabel 3. 1 Hasil uji sifat fisik sitanah <i>clay shale</i> (Hartono dan Santoso, 2021) i ...   | 11 |
| Tabel 3. 2 Variasi sampel .....  | 15 |
|  |    |
| Tabel 4. 1 Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah tanpa geopolimer .....   | 18 |
| Tabel 4. 2 Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah yang distabilisasi geopolimer .....  | 18 |
| Tabel 4. 3 Nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) dari hasil pengujian tanah <i>clay shale</i> tanpa distabilisasi menggunakan geopolimer .....  | 21 |
| Tabel 4. 4 Nilai rasio disintegrasi $D_R$ dari hasil pengujian tanah <i>clay shale</i> yang distabilisasi menggunakan geopolimer dengan rasio alkali aktivator 1,5 (a) umur pemeraman 7hari (b) umur pemeraman 14hari (c) umur pemeraman 28hari perbandingan 1,5 ..... | 21 |
| Tabel 4. 5 Nilai rasio disintegrasi $D_R$ dari hasil pengujian tanah <i>clay shale</i> yang distabilisasi menggunakan geopolimer dengan rasio alkali aktivator 2 (a) umur pemeraman 7hari (b) umur pemeraman 14hari (c) umur pemeraman 28hari perbandingan 2 .....     | 22 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2. 1 <i>Scanning electron microscopy</i> dari campuran abu terbang dengan natrium hidroksida Kosnatha dan Utomo dalam Hutajulu (2010).....   | 6  |
| Gambar 2. 2 <i>Scanning electron microscopy</i> dari campuran abu terbang dengan natrium silikat Kosnatha dan Utomo dalam Hutajulu (2010) .....   | 6  |
| Gambar 2. 3 Kurva tegangan-regangan .....   | 7  |
| Gambar 2. 4 langkah-langkah pengujian durabilitas.....  | 8  |
| Gambar 2. 5 rasio disintegrasi dari kurva distribusi ukuran butir dari <i>clay bearing rock</i> yang berbeda (Gautam dan Shakoor, 2016).....  | 9  |
| <br>  |    |
| Gambar 3. 1 Tanah <i>clay shale</i> lolos saringan no.4 .....   | 10 |
| Gambar 3. 2 Grafik uji distribusi ukuran butir tanah .....  | 10 |
| Gambar 3. 3 <i>Fly ash</i> kelas F.....   | 11 |
| Gambar 3. 4 NaOH berbentuk padat.....   | 12 |
| Gambar 3. 5 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .....   | 12 |
| Gambar 3. 6 Cetakan benda uji .....   | 13 |
| Gambar 3. 7 <i>Oven</i> .....   | 13 |
| Gambar 3. 8 Mesin <i>slake durability</i> .....   | 14 |
| Gambar 3. 9 detail ukuran mesin <i>slake durability</i> .....   | 14 |
| Gambar 3. 10 <i>Sieve shaker</i> dan saringan .....   | 14 |
| Gambar 3. 11 Diagram alir uji durabilitas .....   | 16 |
| <br>  |    |
| Gambar 4. 1 Distribusi ukuran butir tanah <i>clay shale</i> tanpa geopolimer.....   | 19 |
| Gambar 4. 2 Distribusi ukuran butir tanah <i>clay shale</i> 12 Molar perbandingan 1,5 umur pemeraman 7hari .....  | 19 |
| Gambar 4. 3 Distribusi ukuran butir tanah <i>clay shale</i> 12 Molar perbandingan 1,5 umur pemeraman 14 hari .....  | 19 |
| Gambar 4. 4 Distribusi ukuran butir tanah <i>clay shale</i> 12 Molar perbandingan 1,5 umur pemeraman 28 hari .....  | 20 |
| Gambar 4. 5 Distribusi ukuran butir tanah <i>clay shale</i> 12 Molar perbandingan 2 umur pemeraman 7 hari .....   | 20 |
| Gambar 4. 6 Distribusi ukuran butir tanah <i>clay shale</i> 12 Molar perbandingan 2 umur pemeraman 14 hari .....  | 20 |
| Gambar 4. 7 Distribusi ukuran butir tanah <i>clay shale</i> 12 Molar perbandingan 2 umur pemeraman 28 hari .....  | 21 |
| Gambar 4.8 Perbandingan nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada sampel tanpa geopolimer dengan sampel distabilisasi geopolimer selama pemeraman 7 hari, 14 hari dan 28 hari perbandingan 1,5..... | 22 |
| Gambar 4. 9 Perbandingan nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada sampel tanpa geopolimer dengan sampel distabilisasi geopolimer selama pemeraman 7 hari, 14 hari dan 28 hari perbandingan 2.....  | 23 |
| Gambar 4. 10 Grafik lamanya siklus durabilitas terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 7 hari perbandingan 1,5 .....  | 24 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 4. 11 | Grafik lamnya siklus durabilitas terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 14 hari perbandingan 1,5 .....          | 24 |
| Gambar 4. 12 | Grafik lamnya siklus durabilitas terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 28 hari perbandingan 1,5 .....          | 24 |
| Gambar 4. 13 | Grafik lamnya siklus durabilitas terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 7 hari perbandingan 2 .....             | 25 |
| Gambar 4. 14 | Grafik lamnya siklus durabilitas terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 14 hari perbandingan 2 .....            | 25 |
| Gambar 4. 15 | Grafik lamnya siklus durabilitas terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 28 hari perbandingan 2 .....            | 25 |
| Gambar 4. 16 | Pengaruh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 7 hari perbandingan 1,5 .....  | 26 |
| Gambar 4. 17 | Pengaruh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 14 hari perbandingan 1,5 ..... | 27 |
| Gambar 4. 18 | Pengaruh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 28 hari perbandingan 1,5 ..... | 27 |
| Gambar 4. 19 | Pengaruh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 7 hari perbandingan 2 .....    | 27 |
| Gambar 4. 20 | Pengaruh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 14 hari perbandingan 2 .....   | 28 |
| Gambar 4. 21 | Pengaruh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) pada masa pemeraman 28 hari perbandingan 2 .....   | 28 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |      |
|--|------|
| Lampiran 1 Perhitungan campuran bahan benda uji ( <i>Mix Design</i> )..... | xxii |
| Lampiran 2 Hasil pengujian nilai rasio disintegrasi ( $D_R$ ) .....        | xxiv |
| Lampiran 3 Dokumentasi pengujian durabilitas .....                         | xxix |

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

| Simbol        | Dimensi           | Keterangan   |
|---------------|-------------------|--|
| $D_R$         | -                 | Rasio disintegrasi                                       |
| $A_C$         | $[L^2]$           | Luas dibawah kurva                                       |
| $A_t$         | $[L^2]$           | Luas total keseluruhan kurva                             |
| $B$           | [gr]              | Berat benda uji dan cawan sebelum siklus pertama         |
| $C$           | [gr]              | Berat cawan  |
| $W_F$         | [gr]              | Berat benda uji dan cawan setelah siklus kedua           |
| $G_s$         | -                 | Berat jenis  |
| $L_l$         | [%]               | Batas cair   |
| $P_l$         | [%]               | Batas plastis  |
| $S_l$         | [%]               | Batas susut  |
| $P_i$         | [%]               | Indeks plastisitas                                       |
| $\sigma$      | $[ML^{-1}T^{-2}]$ | Tegangan   |
| $\varepsilon$ | [-]               | Regangan Aksial  |
| $q_u$         | $[ML^{-1}T^{-2}]$ | Kuat tekan bebas   |
| $MDD$         | $[kN/m^3]$        | Kepadatan maksimum kering ( <i>Maximum Dry Density</i> ) |
| $\gamma_s$    | $[ML^{-3}T^{-2}]$ | Berat volume tanah                                       |
| $\gamma_w$    | $[ML^{-3}T^{-2}]$ | Berat volume air   |
| $OMC$         | [%]               | Kadar air optimum ( <i>Optimum Moisture Content</i> )    |

## DAFTAR SINGKATAN

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| FA                               | : <i>Fly Ash</i> (abu terbang)                              |
| OMC                              | : <i>Optimum Moisture Content</i> (kadar air optimum)       |
| MDD                              | : <i>Maximum Dry Density</i> (berat volume kering maksimum) |
| ASTM                             | : <i>American Society for Testing and Materials</i>         |
| NaOH                             | : Natrium Hidroksida / Sodium Hidroksida                    |
| Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | : Natrium Silika / Sodium Silik                             |
| Si                               | : Logam silisium  |
| Al                               | : Alumunium   |
| USCS                             | : <i>Unified Soil Classification System</i>                 |
| SiO <sub>2</sub>                 | : Silika  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | : Alumina   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | : Fero oksida   |
| Na <sub>2</sub> O                | : Alkalin   |
| MgO                              | : Magnesium oksida  |
| SO <sub>3</sub>                  | : Sulfur  |
| K <sub>2</sub> O                 | : Alkalin   |
| CaO                              | : Kalsium oksida  |
| TiO <sub>2</sub>                 | : Titanium oksida   |
| R <sup>2</sup>                   | : Koefisien deterministic                                   |

## DAFTAR ISTILAH

1. Durabilitas  
Daya tahan dalam menahan tekanan, kerusakan dan abrasi.
2. *Slake durability test*  
Salah satu pengujian durabilitas yang dilakukan secara dinamis berdasarkan standar ASTM D4644-04.
3. Slaking  
Proses yang menyebabkan pelapukan apabila berhubungan langsung dengan air dan udara.
4. Degradasi  
Proses dimana kondisi fisik sampel berubah menjadi berkurang setelah pengujian dilakukan.
5. Geopolimer  
Bahan anorganik yang dibuat dengan mencampur bahan sumber yang kaya silika dan alumina.
6. Polimerisasi  
Reaksi pengikatan dalam geopolimer.
7. Binder  
Material pengikat yang mampu megikat campuran senyawa.
8. *Pozzolan*  
Material yang mengandung senyawa silika alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus.