

PENGARUH KECEPATAN GESER TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH NON-KOHESIF BERDASARKAN UJI *DIRECT SHEAR*

Safrijhon Bastanta Tarigan
NRP: 1421067

Pembimbing: Andrias Suhendra Nugraha, S.T., M.T.

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang ada di dunia. Hal itu menyebabkan ketimpangan sosial yang terjadi di masyarakat dikarenakan lambatnya pembangunan infrastruktur di Indonesia. Pada masa pemerintahan Presiden Widodo, pemerintah secara intensif melakukan pembangunan hampir di seluruh bagian Indonesia. Salah satu pembangunan infrastruktur tersebut adalah pembangunan rel kereta api. Sebelum melakukan konstruksi perkeretaapian, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah penyelidikan geoteknik. Investigasi geoteknik yang dimaksud adalah melakukan pengecekan parameter kuat geser tanah. Parameter kuat geser tanah tersebut adalah sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c). Untuk memeriksa parameter kuat geser tanah dapat dilakukan di laboratorium dengan melakukan uji geser langsung (*direct shear*).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh kecepatan geser terhadap sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) pada tanah non-kohesif melalui uji *direct shear* tipe *consolidated drained* (CD). Kecepatan yang digunakan saat proses penggeseran (*shearing stage*) pada penelitian ini yaitu 0,553mm/menit (SU1); 0,387mm/menit (SU2); dan 0,03mm/menit (SU3). Klasifikasi tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah *silty sand*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai sudut geser dalam (ϕ) SU1 sebesar 30,68° dengan kohesi (c) sebesar 19,07kPa. Nilai sudut geser dalam (ϕ) untuk SU2 dan SU3 berturut-turut adalah 17,22° dan 48,75°. Nilai kohesi (c) untuk SU2 dan SU3 berturut-turut adalah 6,54kPa dan 2,95kPa. Nilai sudut geser dalam berkurang sebesar 18,07° jika kecepatan geser bertambah dari 0,03mm/menit menjadi 0,553mm/menit. Nilai kohesi bertambah sebesar 16,12kPa jika kecepatan geser bertambah dari 0,03mm/menit menjadi 0,553mm/menit.

Kata kunci: *direct shear test, consolidated drained, silty sand, kecepatan geser, kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ)*

EFFECT OF DISPLACEMENT RATE ON SHEAR STRENGTH PARAMETERS OF COHESIONLESS SOIL BASED ON DIRECT SHEAR TEST

Safrijhon Bastanta Tarigan
NRP: 1421067

Supervisor: Andrias Suhendra Nugraha, S.T., M.T.

ABSTRACT

Indonesia is one of the developing countries in the world. This leads to a social unrest in the community due to the slow development of infrastructure in Indonesia. During the reign of President Widodo, government intensively undertook development in almost all part of Indonesia. One of the infrastructure developments is the railways construction. Before doing railways construction, first step that needs to be done is a geotechnical investigation. The intended of geotechnical investigation is checking the soil shear strength parameters. The shear strength parameters are angle of friction (ϕ) and cohesion (c). To check the shear strength parameter can be done using a direct shear tes in the laboratory.

The purpose of this research is to analyze the effect of displacement rate on angle of friction (ϕ) and cohesion (c) of cohesionless soil which tested using direct shear test type consolidated drained (CD). There are 3 different speeds during the shearing stage, i.e 0.553mm/minute (SU1); 0.387mm/minute (SU2); and 0.03 mm/minute (SU3). Soil classification which test in this research is silty sand.

The result of this research showed that angle of friction is 30.68° and the cohesion is 19.07kPa for SU1. The value of angle of friction for SU2 and SU3 respectively are 17.22° and 48.75° . The value of cohesion for SU2 and SU3 respectively are 6.54kPa and 2.95kPa. Value angle of friction reduced 16.12kPa if displacement rate increase from 0.03mm/menit to 0.553mm/menit. Value of cohesion increase 16.12kPa if displacement rate increase from 0.03mm/menit to 0.553mm/menit.

Key words: *direct shear test, consolidated drained, silty sand, displacement rate, angle of friction (ϕ), cohesion (c)*

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN | iii |
| PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN | iv |
| SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR | v |
| SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| ABSTRAK | ix |
| <i>ABSTRACT</i> | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR NOTASI | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian | 2 |
| 1.4 Sistematika Penulisan | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Jenis dan Klasifikasi tanah | 3 |
| 2.2 Metode Pengambilan Sampel Tanah | 4 |
| 2.2.1 Tanah Terganggu | 4 |
| 2.2.2 Tanah Tidak Terganggu | 5 |
| 2.2.3 Metode Pengambilan Sampel Tanah Non-Kohesif di Lapangan | 7 |
| 2.3 Pengujian Indeks Properti Tanah | 8 |
| 2.3.1 Berat Isi Tanah (γ) | 8 |
| 2.3.2 Kadar air (<i>Water Content</i>) | 9 |
| 2.3.3 Berat Jenis (G_s) | 9 |
| 2.4 Metode Pengujian Sampel | 10 |
| 2.5 Uji Geser Langsung | 10 |
| 2.5.1 Jenis Pengujian <i>Direct Shear</i> | 12 |
| 2.5.2 Tegangan pada Uji <i>Direct Shear</i> | 12 |
| 2.5.3 Regangan pada Uji <i>Direct Shear</i> | 16 |
| 2.5.4 Parameter Kuat Geser ϕ dan c pada Uji <i>Direct Shear</i> | 16 |
| 2.5.5 Kuat Geser Tanah Tidak Kohesif | 18 |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 21 |
| 3.2 Material Uji | 22 |
| 3.3 Pengujian Kadar Air (<i>Water Content</i>) | 23 |
| 3.4 Persiapan Alat dan Bahan | 26 |
| 3.5 Pengujian <i>Direct Shear</i> | 31 |
| BAB IV ANALISIS DATA | |
| 4.1 Indeks Properti Sampel Uji | 35 |

| | | |
|----------------------------|---|----|
| 4.2 | Penamaan dan Klasifikasi Sampel Uji | 35 |
| 4.3 | Analisis Parameter Kuat Geser Menggunakan Alat <i>Direct Shear</i> untuk Setiap Pengujian | 36 |
| 4.3.1 | Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU1 | 36 |
| 4.3.2 | Analisis Parameter Kuat Geser (ϕ) dan (c) pada SU1 | 38 |
| 4.3.3 | Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU2 | 39 |
| 4.3.4 | Analisis Parameter Kuat Geser (ϕ) dan (c) pada SU2 | 42 |
| 4.3.5 | Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU3 | 43 |
| 4.3.6 | Analisis Parameter Kuat Geser (ϕ) dan (c) pada SU3 | 45 |
| 4.4 | Perbandingan Sudut Geser Dalam (ϕ) Setiap Kecepatan Geser | 46 |
| 4.5 | Perbandingan kohesi (c) Setiap Kecepatan Geser | 47 |
| 4.6 | Gabungan Perbandingan Sudut Geser Dalam dan Kohesi untuk Setiap Kecepatan Geser | 48 |
| 4.7 | Hubungan <i>Vertical Deformation-Strain</i> pada Setiap <i>Normal Stress</i> dengan Kecepatan Geser yang Berbeda | 48 |
| 4.7.1 | Hubungan <i>Vertical Deformation-Strain</i> pada Setiap <i>Normal Stress 1</i> | 49 |
| 4.7.2 | Hubungan <i>Vertical Deformation-Strain</i> pada Setiap <i>Normal Stress 2</i> | 50 |
| 4.7.3 | Hubungan <i>Vertical Deformation-Strain</i> pada Setiap <i>Normal Stress 3</i> | 51 |
| 4.8 | Hubungan <i>Shear Stress-Strain</i> pada Setiap <i>Normal Stress</i> menggunakan Kurva Normalisasi dengan Kecepatan Geser yang Berbeda | 52 |
| 4.8.1 | Hubungan <i>Shear Stress-Strain</i> Setiap <i>Normal Stress 1</i> | 52 |
| 4.8.2 | Hubungan <i>Shear Stress-Strain</i> Setiap <i>Normal Stress 2</i> | 53 |
| 4.8.3 | Hubungan <i>Shear Stress-Strain</i> Setiap <i>Normal Stress 3</i> | 54 |
| 4.9 | Gabungan Perbandingan <i>Shear Stress</i> dan <i>Strain</i> dengan Kurva Normalisasi untuk Setiap Pengujian dengan Kecepatan Geser yang Berbeda | 55 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | |
| 5.1 | Kesimpulan | 57 |
| 5.2 | Saran | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 58 |
| LAMPIRAN | | 59 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Contoh Kurva Distribusi Ukuran Butir | 3 |
| Gambar 2.2 | Pengambilan Sampel dengan <i>Piston</i> | 5 |
| Gambar 2.3 | Alat yang Digunakan untuk Mengambil Sampel | 8 |
| Gambar 2.4 | Hasil Percobaan Geser Langsung | 11 |
| Gambar 2.5 | Susunan Sampel Benda Uji Dalam Kotak Geser | 11 |
| Gambar 2.6 | (a) Elemen Tanah yang Menerima Tegangan-Tegangan Normal dan Geser, (b) Diagram Bebas Bidang EFB Sebagaimana Ditunjukkan Dalam (a) | 13 |
| Gambar 2.7 | Prinsip-prinsip Lingkaran Mohr | 14 |
| Gambar 2.8 | Kondisi Tegangan pada Keadaan Runtuh | 15 |
| Gambar 2.9 | Hubungan antara Sudut Geser Dalam dan Tegangan Normal | 17 |
| Gambar 2.10 | Selubung Keruntuhan Kualitatif untuk Beberapa Jenis Tanah yang Ada Pada Gambar | 18 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Penelitian | 21 |
| Gambar 3.2 | Sampel Uji Tidak Terganggu | 22 |
| Gambar 3.3 | Sampel Uji yang Sudah Dikeluarkan dan Dipotong | 22 |
| Gambar 3.4 | Alat Uji <i>Direct Shear</i> | 27 |
| Gambar 3.5 | <i>Shear Box</i> | 27 |
| Gambar 3.6 | Alat Bantu Tambahan untuk Uji <i>Direct Shear</i> | 28 |
| Gambar 4.1 | Cara Penentuan Nilai <i>Maximum Shear Stress</i> dan Nilai <i>Vertical Deformation</i> pada Saat Runtuh | 38 |
| Gambar 4.2 | Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU1 | 39 |
| Gambar 4.3 | Cara Penentuan Nilai <i>Maximum Shear Stress</i> dan Nilai <i>Vertical Deformation</i> pada Saat Runtuh | 41 |
| Gambar 4.4 | Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU2 | 42 |
| Gambar 4.5 | Cara Penentuan Nilai <i>Maximum Shear Stress</i> dan Nilai <i>Vertical Deformation</i> pada Saat Runtuh | 43 |
| Gambar 4.6 | Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU3 | 45 |
| Gambar 4.7 | Pengaruh Kecepatan Geser Terhadap Sudut Geser Dalam (ϕ) | 45 |
| Gambar 4.8 | Pengaruh Kecepatan Geser Terhadap Kohesi (c) | 46 |
| Gambar 4.9 | Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan <i>Strain</i> Setiap σ_{n_1} | 48 |
| Gambar 4.10 | Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan <i>Strain</i> Setiap σ_{n_2} | 49 |
| Gambar 4.11 | Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan <i>Strain</i> Setiap σ_{n_3} | 50 |
| Gambar 4.12 | Hasil Analisis Menggunakan Kurva Normalisasi Setiap σ_{n_1} | 52 |
| Gambar 4.13 | Hasil Analisis Menggunakan Kurva Normalisasi Setiap σ_{n_2} | 53 |
| Gambar 4.14 | Hasil Analisis Menggunakan Kurva Normalisasi Setiap σ_{n_3} | 54 |
| Gambar 4.15 | Hasil Analisis Menggunakan Kurva Normalisasi SU1-SU3 | 54 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1 | Modulus Reaksi Tanah Dasar (k) dengan N_{SPT} Untuk Tanah Pasir | 3 |
| Tabel 2.2 | Batas-batas Sudut Geser Dalam | 19 |
| Tabel 3.1 | Pengujian Kadar Air Awal (<i>Initial Water Content</i>) | 23 |
| Tabel 3.2 | Pengujian Kadar Air Akhir (<i>Final Water Content</i>) | 25 |
| Tabel 3.3 | Persiapan Sampel | 28 |
| Tabel 3.4 | Pengujian <i>Direct Shear</i> | 31 |
| Tabel 4.1 | Hasil Indeks Properti | 35 |
| Tabel 4.2 | Penamaan Sampel Uji dan Klasifikasi Tanah | 36 |
| Tabel 4.3 | Nilai t_{90} pada SU1 | 37 |
| Tabel 4.4 | Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU1 | 37 |
| Tabel 4.5 | Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU1 | 39 |
| Tabel 4.6 | Nilai t_{90} pada SU2 | 40 |
| Tabel 4.7 | Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU2 | 41 |
| Tabel 4.8 | Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU2 | 42 |
| Tabel 4.9 | Nilai t_{90} pada SU3 | 43 |
| Tabel 4.10 | Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU3 | 44 |
| Tabel 4.11 | Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU3 | 44 |
| Tabel 4.12 | Data Sudut Geser Dalam (ϕ) | 45 |
| Tabel 4.13 | Data Kohesi (c) | 46 |
| Tabel 4.14 | Data Sudut Geser Dalam (ϕ) dan Kohesi (c) | 47 |
| Tabel 4.15 | Data <i>Normal Stress</i> | 47 |
| Tabel 4.16 | Nilai <i>Vertical Deformation</i> dan <i>Strain</i> Saat <i>Failure</i> Setiap σ_{n_1} | 49 |
| Tabel 4.17 | Nilai <i>Vertical Deformation</i> dan <i>Strain</i> Saat <i>Failure</i> Setiap σ_{n_2} | 50 |
| Tabel 4.18 | Nilai <i>Vertical Deformation</i> dan <i>Strain</i> Saat <i>Failure</i> Setiap σ_{n_3} | 51 |
| Tabel 4.19 | Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Strain</i> Saat <i>Failure</i> Setiap σ_{n_1} | 52 |
| Tabel 4.20 | Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Strain</i> Saat <i>Failure</i> Setiap σ_{n_2} | 53 |
| Tabel 4.21 | Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Strain</i> Saat <i>Failure</i> Setiap σ_{n_3} | 54 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|----------------|---|
| A_r | Rasio luas wadah relatif terhadap luas tanah |
| c | Kohesi |
| D_o | Diameter luar tabung |
| D_i | Diameter sisi dalam ujung tabung |
| d_r | <i>Displacement rate</i> |
| d_f | Estimasi perubahan horizontal pada saat runtuh |
| G_s | Berat jenis tanah |
| L_r | Rasio pemulihan |
| N | Gaya normal |
| t_{50} | Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi 50% di bawah tegangan normal yang ditentukan |
| t_{90} | Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi 90% di bawah tegangan normal yang ditentukan |
| t_f | Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi runtuh |
| V | <i>Volume</i> cetakan |
| v | Koefisien friksi antara batuan yang bersentuhan |
| W | Berat sampel |
| w | Kadar air |
| Φ | Sudut geser dalam |
| τ | Tegangan geser |
| τ_f | Tegangan geser pada saat runtuh |
| σ | Tegangan normal |
| σ_1 | Tegangan normal 1 |
| σ_2 | Tegangan normal 2 |
| ε | Regangan |
| δ | Perubahan panjang |
| $\Delta\delta$ | Panjang Awal |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|---------------|---|----|
| Lampiran L.1 | Hasil Uji Indeks Properti | 57 |
| Lampiran L.2 | Data <i>Boring Log</i> | 59 |
| Lampiran L.3 | Hasil Konsolidasi | 64 |
| Lampiran L.4 | Hasil Uji <i>Direct Shear</i> | 73 |
| Lampiran L.5 | Hasil Normalisasi <i>Shear Stress</i> dengan <i>Normal Stress</i> | 85 |
| Lampiran L.6 | Contoh Perhitungan <i>Water Content Final</i> | 87 |
| Lampiran L.7 | Contoh Perhitungan Parameter Pendukung | 88 |
| Lampiran L.8 | Contoh Perhitungan <i>Displacement Rate</i> | 89 |
| Lampiran L.9 | Contoh Perhitungan Pengujian <i>Direct Shear</i> | 90 |
| Lampiran L.10 | Contoh Perhitungan Sudut Geser Dalam dan Kohesi | 91 |
| Lampiran L.11 | Contoh Perhitungan Koefisien Normalisasi SU1 Spesimen 1 | 93 |

