

PENGARUH PERSENTASE GRAVEL TERHADAP SUDUT GESER DALAM TANAH PASIR BERDASARKAN UJI *DIRECT SHEAR*

Muhammad Abel Firdaus Hartono
NRP: 1521042

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

ABSTRAK

Wilayah Indonesia didominasi oleh perairan, sehingga pembangunan infrastruktur di pesisir pantai lebih diutamakan. Setiap perencanaan pada sebuah infrastruktur di pesisir pantai diantaranya memerlukan suatu investigasi geoteknik. Hasil investigasi geoteknik selain melakukan pengklasifikasian tanah (*gravel*, *sand*, dan *finer [silt and clay]*) juga menghasilkan parameter-parameter desain. Parameter desain yang dimaksud antara lain adalah parameter kuat geser tanah, yang terdiri dari kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Parameter kuat geser tanah dapat dihasilkan dari suatu pengujian *direct shear* di laboratorium.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh persentase *gravel* terhadap sudut geser dalam (ϕ) tanah pasir (*sand*) berdasarkan uji *direct shear*. Pasir yang digunakan sebagai sampel uji berasal dari Palembang, Sumatera Selatan dan diambil dari 4 *borehole*. Pengujian *sieve analysis* mengacu pada standar ASTM D-422. Pengujian *direct shear* mengacu pada standar ASTM D-3080. Kecepatan yang digunakan saat proses penggeseran (*shearing stage*) pada penelitian ini adalah 0,553mm/menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, nilai sudut geser dalam (ϕ) terbesar terjadi pada SU2 dengan persentase *gravel* 17,92% dan nilai sudut geser dalam (ϕ) terkecil terjadi pada SU7 dengan persentase *gravel* 1,52%. Hubungan antara sudut geser dalam (ϕ) dan persentase *gravel* dinyatakan sebagai; $\phi = 8,3044e^{0,1092(\%gravel)}$. Semakin besar nilai persentase *gravel* maka nilai sudut geser dalam, ϕ akan semakin besar.

Kata kunci: *direct shear test*, *gravel*, sudut geser dalam.

EFFECT OF PERCENTAGE OF GRAVEL ON ANGLE OF INTERNAL FRICTION OF SAND BASED ON DIRECT SHEAR TESTS

Muhammad Abel Firdaus Hartono
NRP: 1521042

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

ABSTRACT

The territory of Indonesia is dominated by oceans, so that infrastructure development on the coast or near shore is priority. Every plan for an infrastructure on the coast need a geotechnical investigation. The results of a geotechnical investigation besides soil classifications (gravel, sand, and fines [silt and clay]) also produce design parameters. The design parameters include soil shear strength parameters which consist of cohesion (c) and angle of internal friction (ϕ). Both of these shear strength parameters can be generated from a direct shear test in the laboratory.

The purpose of this study was to evaluate the effect of the percentage of gravel on the angle of internal friction (ϕ) of sand based on direct shear tests. The sand used as the test sample comes from Palembang, East Sumatra and is taken from 4 boreholes. Sieve analysis tests refer to ASTM D-422 standards. Direct shear testing refers to the ASTM D-3080 standard. The speed used during the shearing stage of direct shear tests in this study is 0.553mm/minute.

The results of the study show that the biggest value of ϕ occurs on SU2 when the percentage of gravel is 17.92% and the smallest value of ϕ occurs on SU7 when the percentage of gravel is 1.52%. The relationship between ϕ and percentage of gravel is expressed as; $\phi = 8.3044e^{0.1092 (\% \text{ gravel})}$. The greater the percentage value of gravel, the greater the value of the angle of internal friction.

Key words: direct shear tests, gravel, angle of internal friction.

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	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	3
2.1 Klasifikasi Tanah	3
2.2 Metode Pengambilan Sampel Tanah	4
2.2.1 Tanah Terganggu	4
2.2.2 Tanah Tidak Terganggu	4
2.2.3 Metode Pengambilan Sampel Tanah Pasir di Lapangan	6
2.3 Pengujian <i>Sieve Analysis</i>	7
2.4 Pengujian Indeks Properti Tanah	9
2.4.2 Berat Isi Tanah	9
2.4.2 Kadar air (<i>water content</i>)	9
2.4.3 Berat Jenis (Gs)	9
2.5 Metode Pengujian Sampel	10
2.6 Uji Geser Langsung	11
2.6.1 Tegangan Uji Geser Langsung	12
2.6.2 Regangan Uji Geser Langsung	15
2.6.3 Jenis Pengujian Langsung	16
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Material Uji	18
3.2.1 Persiapan Sampel Uji	18
3.3 Pengujian <i>Index Properties</i> di Laboratorium	20
3.3.1 Pengujian Kadar Air	20
3.3.2 Pengujian Berat Jenis	22
3.4 Pengujian <i>Sieve Analysis</i> di Laboratorium	24
3.5 Pengujian <i>Direct Shear</i> di Laboratorium	27

3.5.1 Persiapan Alat Uji	28
3.5.2 Pengujian <i>Direct Shear Under Consolidated Drained Condition</i>	30
BAB IV ANALISIS DATA	37
4.1 Hasil Uji <i>Index Properties</i>	37
4.2 Penamaan dan Klasifikasi	38
4.3 Analisis Gradasi Menggunakan Uji <i>Sieve Analysis</i> untuk Setiap Pengujian	38
4.3.1 Analisis Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> pada Sampel SU1	39
4.3.2 Analisis Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> pada Sampel SU2	40
4.3.3 Analisis Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> pada Sampel SU3	42
4.3.4 Analisis Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> pada Sampel SU4	43
4.3.5 Analisis Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> pada Sampel SU5	45
4.3.6 Analisis Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> pada Sampel SU6	46
4.3.7 Analisis Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> pada Sampel SU7	48
4.3.8 Analisis Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> pada Sampel SU8	49
4.4 Analisis Parameter Kuat Geser Menggunakan Alat <i>Direct Shear</i> Untuk Setiap Pengujian	51
4.4.1 Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU1	51
4.4.2 Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU2	54
4.4.3 Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU3	57
4.4.4 Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU4	60
4.4.5 Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU5	63
4.4.6 Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU6	66
4.4.7 Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU7	69
4.4.8 Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU8	72
4.5 Gabungan Kurva Distribusi Butir	75
4.6 Pengaruh Gradasi Terhadap Sudut Geser Dalam (ϕ) dan Kohesi (c)	77
4.6.1 Hubungan Persentase <i>Fines</i> dengan Sudut Geser Dalam (ϕ)	77
4.6.2 Hubungan Persentase <i>Gravel</i> dengan Sudut Geser Dalam (ϕ)	78
4.6.3 Hubungan Persentase <i>Sand</i> dengan Sudut Geser Dalam (ϕ)	78
4.6.4 Hubungan Persentase <i>Fines</i> dengan Kohesi (c)	80
4.6.5 Hubungan Persentase <i>Gravel</i> dengan Kohesi (c)	81
4.6.6 Hubungan Persentase <i>Sand</i> dengan Kohesi (c)	82
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Kurva Distribusi Ukuran Butir	3
Gambar 2.2	Pengambilan Sampel dengan <i>Piston</i>	5
Gambar 2.3	Tabel Urutan Ayakan Standar Amerika	8
Gambar 2.4	Alat yang Digunakan untuk Menggetar Sampel	8
Gambar 2.5	Hasil Percobaan Geser Langsung	11
Gambar 2.6	Susunan Sampel Benda Uji Dalam Kotak Geser	12
Gambar 2.7	(a) Elemen Tanah yang Menerima Tegangan-Tegangan Normal dan Geser (b) Diagram Bebas Bidang EFB Sebagaimana Ditunjukkan Dalam (a)	13
Gambar 2.8	Prinsip-prinsip Lingkaran Mohr	14
Gambar 2.9	Kondisi Tegangan pada Keadaan Runtuh	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2	Alat Uji Berat Jenis	22
Gambar 3.3	Mesin Penggetar	25
Gambar 3.4	Ayakan	25
Gambar 3.5	Alat Bantu <i>Sieve Analysis</i>	26
Gambar 3.6	Alat untuk Uji <i>Direct Shear</i>	27
Gambar 3.7	<i>Shear Box</i>	28
Gambar 3.8	Alat Bantu untuk Uji <i>Direct Shear</i>	29
Gambar 4.1	Distribusi Butir SU1	40
Gambar 4.2	Distribusi Butir SU2	39
Gambar 4.3	Distribusi Butir SU2	43
Gambar 4.4	Distribusi Butir SU4	44
Gambar 4.5	Distribusi Butir SU5	46
Gambar 4.6	Distribusi Butir SU6	47
Gambar 4.7	Distribusi Butir SU7	49
Gambar 4.8	Distribusi Butir SU8	50
Gambar 4.9	Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan Strain SU1	53
Gambar 4.10	Hasil Analisis Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU1	54
Gambar 4.11	Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan Strain SU2	56
Gambar 4.12	Hasil Analisis Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU2	57
Gambar 4.13	Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan Strain SU3	59
Gambar 4.14	Hasil Analisis Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU3	60
Gambar 4.15	Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan Strain SU4	62
Gambar 4.16	Hasil Analisis Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU4	63
Gambar 4.17	Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan Strain SU5	65
Gambar 4.18	Hasil Analisis Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU5	66
Gambar 4.19	Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan Strain SU6	68
Gambar 4.20	Hasil Analisis Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU6	69
Gambar 4.21	Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan Strain SU7	71
Gambar 4.22	Hasil Analisis Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU7	72
Gambar 4.23	Hasil Analisis <i>Vertical Deformation</i> dengan Strain SU8	74

Gambar 4.24	Hasil Analisis Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU8	75
Gambar 4.25	Hasil Hasil Uji Sieve Analisis Grafik Gabungan	76
Gambar 4.26	Kurva Persentase <i>Fines</i> dan Sudut Geser Dalam	78
Gambar 4.27	Kurva Persentase <i>Gravel</i> dan Sudut Geser Dalam	79
Gambar 4.28	Kurva Persentase <i>Sand</i> dan Sudut Geser Dalam	79
Gambar 4.29	Kurva Persentase <i>Fines</i> dan Kohesi	81
Gambar 4.30	Kurva Persentase <i>Gravel</i> dan Kohesi	82
Gambar 4.31	Kurva Persentase <i>Sand</i> dan Kohesi	83



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Pengujian Sampel Uji	18
Tabel 3.2	Pengujian Kadar Air Akhir (<i>Final Water Content</i>)	21
Tabel 3.3	Pengujian Gs	23
Tabel 3.4	Pengujian <i>Sieve Analysis</i>	26
Tabel 3.5	Persiapan Alat Uji	29
Tabel 3.6	Kombinasi <i>Gear Box</i>	30
Tabel 3.7	Pengujian <i>Direct Shear</i>	31
Tabel 4.1	Hasil Indeks Properti	37
Tabel 4.2	Penamaan Sampel Uji dan Klasifikasi Tanah	38
Tabel 4.3	Hasil Uji <i>Sieve Analysis</i> SU1	39
Tabel 4.4	Hasil Uji <i>Sieve Analysis</i> SU2	37
Tabel 4.5	Hasil Uji <i>Sieve Analysis</i> SU3	39
Tabel 4.6	Hasil Uji <i>Sieve Analysis</i> SU4	44
Tabel 4.7	Hasil Uji <i>Sieve Analysis</i> SU5	45
Tabel 4.8	Hasil Uji <i>Sieve Analysis</i> SU6	47
Tabel 4.9	Hasil Uji <i>Sieve Analysis</i> SU7	48
Tabel 4.10	Hasil Uji <i>Sieve Analysis</i> SU8	50
Tabel 4.11	Nilai t_{90} pada SU1	52
Tabel 4.12	Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU1	52
Tabel 4.13	Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU1	53
Tabel 4.14	Nilai t_{90} pada SU2	55
Tabel 4.15	Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU2	55
Tabel 4.16	Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU2	56
Tabel 4.17	Nilai t_{90} pada SU3	58
Tabel 4.18	Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU3	58
Tabel 4.19	Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU3	59
Tabel 4.20	Nilai t_{90} pada SU4	60
Tabel 4.21	Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU4	61
Tabel 4.22	Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU4	62
Tabel 4.23	Nilai t_{90} pada SU5	63
Tabel 4.24	Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU5	64
Tabel 4.25	Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU5	65
Tabel 4.26	Nilai t_{90} pada SU6	66
Tabel 4.27	Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU6	67
Tabel 4.28	Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU6	68
Tabel 4.29	Nilai t_{90} pada SU7	69
Tabel 4.30	Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU7	70
Tabel 4.31	Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU7	71
Tabel 4.32	Nilai t_{90} pada SU8	72
Tabel 4.33	Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> pada SU8	73
Tabel 4.34	Nilai <i>Shear Stress</i> dan <i>Normal Stress</i> SU8	74
Tabel 4.35	Data Gradasi Sampel	77

Tabel 4.36	Data Persentase <i>Fines</i> dan ϕ	77
Tabel 4.37	Data Persentase <i>Gravel</i> dan ϕ	78
Tabel 4.38	Data Persentase <i>Sand</i> dan ϕ	79
Tabel 4.39	Data Persentase <i>Fines</i> dan c	80
Tabel 4.40	Data Persentase <i>Gravel</i> dan c	81
Tabel 4.41	Data Persentase <i>Sand</i> dan c	82



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
∂	Perubahan panjang
$\Delta\partial$	Panjang awal

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1	Hasil Uji Indeks Properti	86
Lampiran L.2	Hasil Konsolidasi	90
Lampiran L.3	Hasil <i>Direct Shear</i>	114
Lampiran L.4	Contoh Perhitungan <i>Water Content Final</i> SU1 Spesimen 1	138
Lampiran L.5	Contoh Perhitungan Parameter Pendukung Sampel SU1 Spesimen 1	139
Lampiran L.6	Contoh Perhitungan <i>Displacement Rate</i> (dr) Sampel SU1 Spesimen	140
Lampiran L.7	Contoh Perhitungan Pengujian <i>Direct Shear</i> Sampel SU1 Spesimen 1	141
Lampiran L.8	Contoh Perhitungan Sudut Geser Dalam dan Koheesi SU1	140
Lampiran L.9	Contoh Klasifikasi Tanah SU1	144

