

PREDIKSI SUDUT GESEK INTERNAL TANAH BERDASARKAN SUDUT DILATASI PADA UJI GESER LANGSUNG

Prediction of Soil Friction Angle by Dilatation Angle on Direct Shear Test

Sumiyanto, Gandjar Pamudji dan Hery Awan Susanto

Program Sarjana Teknik UNSOED, Purwokerto

ABSTRACT

Shear strength parameters of soils are cohesion (c) and internal friction angle (ϕ). Direct shear test is a method to determine these parameters. Data from this test are shear stress and thickness change of soil. In practice, only the maximum shear stress will be used to determine the shear strength parameter. The major objective of this research is to develop a formula for prediction internal friction angle (ϕ) by dilatation angle (α). Result of this research is a prediction formula of internal friction angle, as : $\phi = \arctan \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$, by $\mu = 0,55$. Dilatation angle (α) for

this formula was determined at maximum shear stress.. Validations of ϕ predicted by this formula have maximum error 16,76%, average error 5,59% and standard deviation error 4,75%. Cohesion (c) values can be calculated by Mohr-Coloumb Formula.

Keywords : dilatation angle, direct shear test, internal friction angle

PENDAHULUAN

Dalam bidang ilmu Teknik Sipil tanah dianggap sebagai bahan struktur, karena dalam mendukung beban bangunan akan timbul tegangan-regangan didalamnya. Hitungan kapasitas dukung tanah didasarkan pada kuat geser tanah. Kuat geser tanah ditentukan oleh nilai kohesi (c) dan sudut gesek internal tanah (ϕ), sehingga kedua parameter tersebut sering disebut parameter kuat geser tanah. Salah satu jenis pengujian parameter kuat geser tanah yang sering dilakukan adalah uji geser langsung (*direct shear test*). Untuk menentukan kuat geser tanah, pengujian harus dilakukan beberapa kali, dengan tegangan normal yang berbeda. Dari beberapa pengujian tersebut akan didapatkan pasangan data kuat geser tanah dan tegangan normal. Data tersebut selanjutnya diplot dalam grafik dan digunakan untuk menentukan nilai c dan ϕ .

Selama uji geser langsung akan terjadi perubahan tebal sampel tanah akibat memadat maupun mengembangnya tanah terutama pada daerah bidang geser. Jika y adalah perubahan ketebalan sampel tanah dan x adalah besarnya pergeseran lateral,

maka sudut dilatasi (α) didefinisikan sebagai $\arctan (dy/dx)$.

Pada umumnya semakin padat suatu tanah akan didapatkan nilai sudut gesek internal yang semakin besar pula. Semakin padat suatu tanah pengembangan sampel tanah yang dihasilkan saat uji geser langsung juga semakin besar, dan ini berarti sudut dilatasinya semakin besar pula. Berdasarkan kedua hal tersebut tentunya ada hubungan antara sudut gesek internal tanah dan sudut dilatasi tanah pada uji geser langsung.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hubungan antara sudut dilatasi dan sudut gesek internal tanah berdasarkan data hasil uji geser langsung. Hubungan tersebut digunakan untuk mendapatkan formula hitungan sudut gesek internal tanah berdasarkan sudut dilatasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah berbutir kasar biasanya didefinisikan sebagai tanah yang tertahan ayakan nomor 200 atau diameter butiran lebih dari 0,075 mm. Sedangkan tanah yang lolos ayakan nomor 200 disebut tanah berbutir halus. Pembagian tersebut dipakai juga dalam klasifikasi tanah sistem ASTM

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN					
Dinamika Rekayasa	Vol. 1	No. 1	Hlm : 1 - 34	ISSN 1858-3075	Purwokerto Agustus 2005

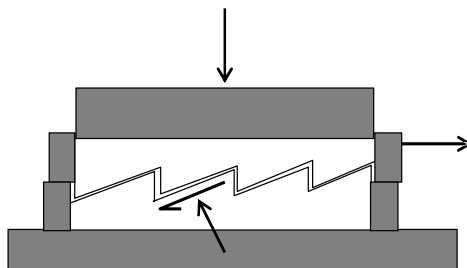
dan AASTHO (Das, 1998; Terzaghi dan Peck, 1993). Untuk tanah berbutir kasar (pasir), kepadatan tanah mempunyai kontribusi besar dalam menentukan kuat gesernya (Hardiyatmo, 1992; Terzaghi dan Peck, 1983). Semakin padat tanah tersebut maka kuat gesernya semakin besar hal ini dilihat dari nilai sudut gesek internal yang semakin besar.

Gaya geser pada suatu benda akan menimbulkan tegangan geser pada bidang geser. Tegangan geser ini akan semakin besar jika gaya geser yang bekerja semakin besar. Tegangan geser maksimum yang mampu ditimbulkan oleh gesekan bidang geser tersebut disebut kuat geser. Pada tanah, kuat gesernya tergantung dari besarnya parameter kuat geser tanah yaitu sudut gesek internal (ϕ) dan kohesi tanahnya (c). Hubungan antara nilai ϕ dan c pada kuat geser tanah telah dikembangkan oleh Mohr dan Coloumb tahun 1976 (Hardiyatmo, 1994; Das, 1985).

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi \dots\dots\dots(1)$$

Uji geser langsung (*direct shear test*) merupakan salah satu pengujian kuat geser tanah. Pengujian ini dilakukan pada sampel tanah dengan tegangan normal tertentu. Pengulangan pengujian dilakukan beberapa kali dengan beban normal yang berbeda. Pada pengujian ini akan didapatkan beberapa data antara lain: pergeseran horisontal, tegangan geser pada tanah, dan ketebalan tanah selama penggeseran (Sumiyanto, dkk., 2003; Weltman dan Head, 1993). Jika pergeseran lateral adalah x dan perubahan ketebalan sampel tanah adalah y , maka sudut dilatasi (α) didefinisikan sebagai berikut (Atkinson dan Bransby, 1982; Craig, 1994) :

$$\alpha = \arctan \left(\frac{dy}{dx} \right) \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 1. Skema timbulnya sudut dilatasi pada uji geser langsung (Atkinson dan Bransby, 1982)

Menurut Atkinson dan Bransby (1982), perilaku tanah selama uji geser langsung

dapat disederhanakan seperti pada Gambar 1. Akibat gaya vertikal P dan gaya horizontal Q akan menyebabkan tanah di atas bidang geser bergerak ke kanan dengan sudut α . Selama penggeseran tanah bagian atas akan naik, sehingga ketebalan tanah berubah.

Pada bidang geser akan timbul tegangan normal dan tegangan geser dan jika masing-masing dikalikan dengan luas bidang geser akan didapatkan gaya normal (N) dan gaya geser (S). Besarnya gaya normal (N) dan gaya geser (S) didapatkan dari peguraian gaya P dan Q .

$$N = P \cos \alpha + Q \sin \alpha \dots\dots\dots(3)$$

$$S = -P \sin \alpha + Q \cos \alpha \dots\dots\dots(4)$$

Sedangkan bentuk umum persamaan gaya geser adalah sebagai berikut:

$$S = \mu \cdot N \dots\dots\dots(5)$$

Substitusi persamaan 3, 4 dan 5 akan didapatkan persamaan :

$$\mu \cdot N = -P \sin \alpha + Q \cos \alpha \dots\dots\dots(6)$$

$$\mu (P \cos \alpha + Q \sin \alpha) = -P \sin \alpha + Q \cos \alpha \dots\dots\dots(7)$$

sehingga :

$$Q = P \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha} \dots\dots\dots(8)$$

Hitungan di atas didasarkan pada bahan tanpa kohesi ($c=0$), sehingga :

$$Q = P \cdot \tan \phi \dots\dots\dots(9)$$

Substitusi persamaan 8 dan 9 akan didapatkan :

$$\mu = \frac{\tan \phi - \tan \alpha}{1 + \tan \phi \cdot \tan \alpha} \dots\dots\dots(10)$$

Jika nilai μ dapat ditentukan maka nilai ϕ dapat dihitung dengan persamaan 8 yang dimodifikasi menjadi :

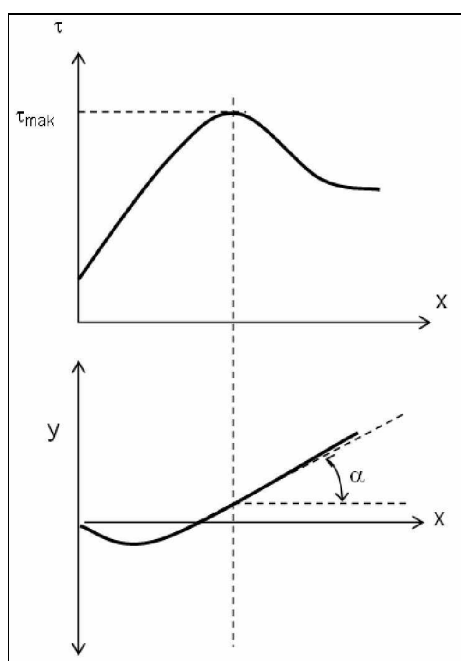
$$\tau = \sigma \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha} \dots\dots\dots(11)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Alat utama yang dipakai dalam penelitian ini adalah seperangkat alat uji geser langsung. Dengan alat ini sampel-sampel tanah yang didapatkan diuji sehingga mendapatkan data tegangan geser dan data perubahan sampel tanah selama pengujian. Data tegangan geser

digunakan untuk mendapatkan nilai c dan ϕ tanah. Sedangkan data perubahan ketebalan sampel tanah digunakan untuk evaluasi nilai sudut dilatasi.

Sudut dilatasi ditentukan berdasarkan grafik hubungan antara perubahan ketebalan sampel tanah (y) dan pergeseran lateral (x). Sudut dilatasi yang dievaluasi adalah pada pergeseran (x) tertentu sehingga tegangan yang terjadi adalah maksimum. Besarnya sudut dilatasi tersebut ditentukan dengan mengukur kemiringan garis singgung grafik hubungan antara y dan x tersebut (Gambar 2).



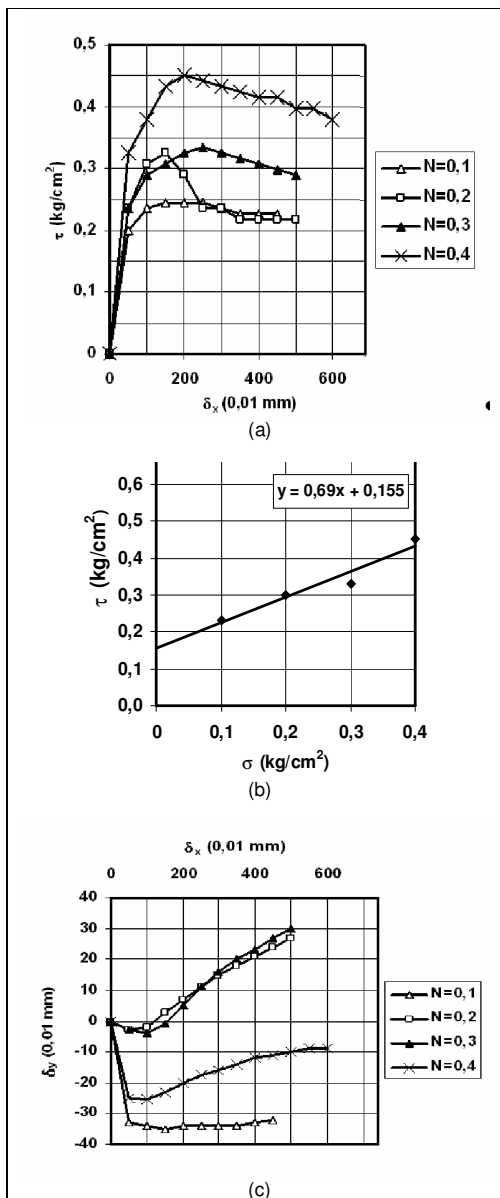
Gambar 2. Cara penentuan sudut dilatasi (α)

Setelah sudut dilatasi didapatkan, selanjutnya dihitung besarnya μ dengan menggunakan persamaan 10. Hasil hitungan akan mendapatkan beberapa pasang data μ dan ϕ . Data tersebut diplot dalam grafik sehingga didapatkan nilai μ yang mewakili semua data. Berdasarkan data hasil hitungan yaitu nilai μ dan α , nilai ϕ dihitung dengan persamaan 11. Selanjutnya nilai c dihitung dengan persamaan 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini pengujian geser langsung dilakukan pada sampel tanah dari tiga tempat, yaitu dari lubang bor I dan II disekitar Kampus Teknik (Lapangan Grendeng) dan lubang bor III di sebelah

selatan GOR Susilo Sudarman. Hasil pengujian didapatkan nilai sudut gesek internal (ϕ) pada penelitian ini antara $31,8^\circ$ sampai $44,1^\circ$.



Gambar 3. Salah satu contoh hasil uji geser langsung :
 (a) hubungan antara tegangan geser dan pergeseran
 (b) hubungan antara kuat geser dan tegangan normal
 (c) perubahan ketebalan tanah selama pengujian

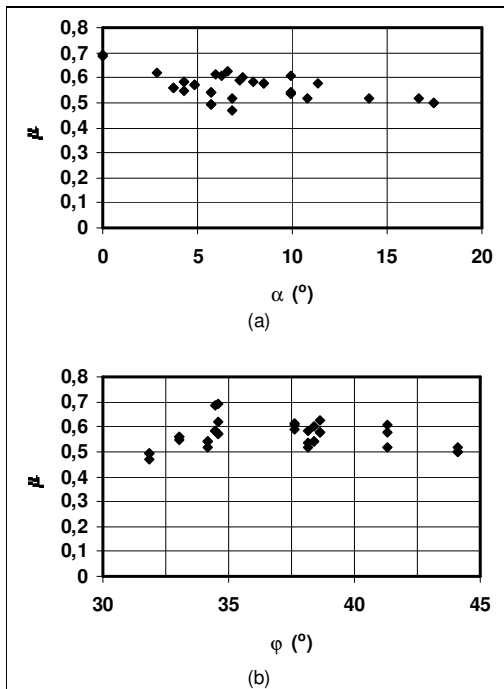
Tegangan geser tanah selama pengujian geser langsung berangsur-angsur meningkat sesuai dengan besarnya pergeseran tanah. Setelah mencapai kuat geser (tegangan geser maksimum), tegangan geser tanah akan turun. Selama penggeseraan, terjadi perubahan ketebalan

sampel tanah (Gambar 3). Sudut dilatasi (α) merupakan kemiringan grafik perubahan ketebalan tanah selama penggeseran.

$\alpha = \arctan\left(\frac{dy}{dx}\right)$ atau dapat ditulis sebagai

$$\tan \alpha = \frac{dy}{dx}.$$

Sudut dilatasi akan berubah-ubah selama penggeseran, hal ini dapat diamati dari kemiringan garis singgung grafik hubungan antara perubahan ketebalan tanah (y) dan pergeseran tanah (x). Tegangan geser maksimum akan dicapai pada sudut dilatasinya maksimum pula. Berdasarkan hal tersebut sudut dilatasi yang dipakai untuk hitungan adalah sudut dilatasi pada saat tegangan geser maksimum terjadi (Gambar 2.).

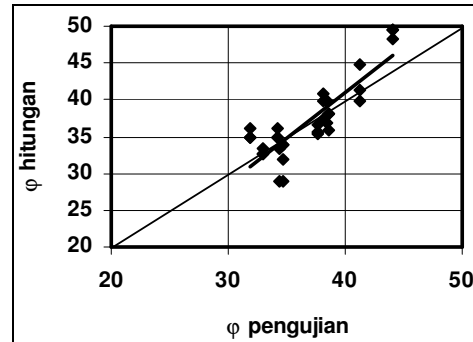


Gambar 4. Hubungan antara : (a) μ dan α (b) μ dan ϕ

Analisis untuk mendapatkan nilai μ dilakukan dengan persamaan 10. Hitungan nilai μ tersebut dilakukan dengan data nilai ϕ dan α hasil pengujian. Berdasarkan kedua data tersebut nilai μ dihitung. Hasil hitungan selanjutnya ditampilkan dalam 2 grafik yaitu grafik hubungan μ dan ϕ dan grafik hubungan μ dan α . Berdasarkan kedua grafik terdapat kecenderungan nilai μ konstan yaitu sekitar 0,55 (Gambar 4.), hal ini berarti nilai μ tidak tergantung dari ϕ maupun α .

Berdasarkan nilai α dan μ , sudut gesek internal tanah dapat dihitung walaupun hanya melakukan satu kali pengujian. Persamaan yang dipakai adalah mengembangkan hitungan ini adalah persamaan 11.

$$\phi = \arctan \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha} \dots \dots \dots (12)$$



Gambar 5. Perbandingan nilai ϕ hasil hitungan dan pengujian

Berdasarkan hasil evaluasi, kesalahan hitungan nilai ϕ berdasarkan nilai α adalah sebagai berikut :

- 1) kesalahan maksimum adalah 16,76%,
- 2) kesalahan rata-rata adalah 5,59%, dan
- 3) standart deviasi 4,75%.

Setelah nilai ϕ dihitung, nilai c ditentukan menggunakan persamaan 1.

Selain untuk memprediksi sudut gesek internal, sudut dilatasi dapat digunakan untuk evaluasi kemungkinan data error. Jika pengujian geser langsung hanya dilakukan dua kali maka akan sulit dievaluasi kemungkinan kesalahan data hasil pengujian. Dengan menggunakan data sudut dilatasi nilai sudut gesek internal dapat diperkirakan. Jika kedua nilai tersebut menunjukkan nilai yang dekat maka kemungkinan kesalahan data kecil, begitu pula sebaliknya.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian sudut gesek internal tanah (ϕ) dapat dihitung dengan persamaan: $\phi = \arctan \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$.
2. Berdasarkan hasil analisis data pengujian geser langsung yang dilakukan didapatkan nilai μ sebesar 0,55.
3. Kesalahan prediksi nilai ϕ pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Sumiyanto, dkk.
Prediksi Sudut Gesek Internal Tanah
berdasarkan Sudut Dilatasi pada Uji Geser Langsung : 16 – 20

- 1) kesalahan maksimum adalah 16,76%,
- 2) kesalahan rata-rata adalah 5,59%, dan
- 3) standart deviasi 4,75%.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, J. H. dan Bransby, P. L. 1982. *The Mechanics of Soils (An Itroduction to Critical State Soil Mechanics)*. McGRAW-HILL Book Company, Maidenhead.
- Craig, R.F. 1994. *Mekanika Tanah*, ed 4. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 1992. *Mekanika Tanah I*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 1994. *Mekanika Tanah II*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sumiyanto, Nastain dan Wariyatmo N. G. 2001. *Panduan Praktikum Mekanika Tanah*. Program Sarjana Teknik Universitas Senderal Soedirman, Purwokerto.
- Terzaghi, K dan Peck, R. B. 1993. *Prinsip-prinsip Meknika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, Jilid I, ed.4. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Weltman, A.J. dan Head, J.M. 1983. *Site Investigation Manual*. CIRIA, London.