

## DAYA DUKUNG TANAH BERDASAR PENGUJIAN BEBAN STATIS VERSUS UJI SONDIR (TEORI BAGEMANN)

Bambang Widodo<sup>1)</sup>, Agus Supriyanto <sup>2)</sup>, Triwahyudi <sup>3)</sup> , Risma Damayanti <sup>4)</sup>  
**Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas 17 Agustus 1945 Semarang**

### ABSTRAK

*Tanah dalam ilmu Teknik Sipil mempunyai peranan penting dalam setiap perencanaan bangunan, baik itu untuk bangunan gedung maupun konstruksi bangunan lainnya yang berdiri di atas tanah. Dua hal yang harus diperhatikan sebelum perencanaan pondasi suatu bangunan adalah daya dukung tanah. Pertama adalah apakah tanah yang bersangkutan cukup kuat untuk menahan beban pondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat tegangan geser (shear failure), dan yang kedua adalah penurunan yang akan terjadi. Daya dukung tanah dapat diketahui dengan melakukan pengujian di laboratorium maupun melakukan pengujian di lapangan langsung. Daya dukung tanah dapat diketahui dengan pengujian di lapangan dengan melakukan pengujian sondir. Banyak teori untuk mengetahui daya dukung tanah, salah satunya adalah teori Bagemaann dengan menghitung daya dukung tanah berdasar data sondir.*

*Penelitian ini mengemukakan cara praktis dalam mencari daya dukung tanah di lapangan. Metoda yang dilakukan adalah membuat kondisi tanah sehingga relatif homogen, kemudian dilakukan pengujian dengan memberikan beban pada luasan batang baja diameter 16 mm sehingga tanah runtuh. Pada titik yang berdekatan dengan uji beban statis tersebut dilakukan uji sondir yang diperlukan untuk analisis daya dukung dengan teori Bagemann.*

*Hasil pengujian memberikan nilai perbandingan antaara daya dukung ultimate berdasar beban statis dengan teori Bagemann, rata rata sebesar 4,16.*

*Kata kunci: Daya dukung tanah, uji pembenanan Stasis, Teori Bagemann*

---

<sup>1)</sup> Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

<sup>2)</sup> Dosen Teknk Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

<sup>3)</sup> Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

<sup>4)</sup> Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

# **I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Tanah dalam ilmu Teknik Sipil mempunyai peranan penting dalam setiap perencanaan bangunan, baik itu untuk bangunan gedung maupun konstruksi bangunan lainnya yang berdiri di atas tanah. Perencanaan suatu bangunan akan berhubungan langsung dengan tanah, oleh karena itu perlu adanya metode untuk mencari daya dukung tanah.

Dua hal yang harus diperhatikan sebelum perencanaan pondasi suatu bangunan adalah daya dukung tanah. Pertama adalah apakah tanah yang bersangkutan cukup kuat untuk menahan beban pondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat tegangan geser (*shear failure*), dan yang kedua adalah penurunan yang akan terjadi.

Daya dukung tanah dapat diketahui dengan melakukan pengujian di laboratorium maupun melakukan pengujian di lapangan langsung. Daya dukung tanah dapat diketahui dengan pengujian di lapangan dengan melakukan pengujian sondir yang dapat mengetahui daya dukung tanah sampai kedalaman sesuai batas kemampuan alat sondir tersebut, namun apabila untuk merencanakan pondasi dangkal yang kedalamannya sekitar 2,0 meter, maka penggunaan sondir tidak efisien. Metoda plat bearing jarang dilakukan, karena diperlukan beban yang relatif besar untuk pelaksanaan pengujiannya, terutama untuk tanah yang relatif besar daya dukung tanahnya.

Cara praktis dalam mencari daya dukung tanah perlu dilakukan untuk mendesain pondasi dangkal, oleh sebab itu maka peneliti mencoba mengangkat masalah daya dukung tanah untuk pondasi dangkal kedalam suatu penelitian yang berjudul “Daya Dukung Tanah berdasar Pengujian Beban Statis Versus Teori Bagemann (Uji Sondir)”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana perbedaan daya dukung tanah di lapangan antara pengujian pembebanan statis dibandingkan dengan cara Teori Bagemann berdasar uji sondir.

### 1.3 Pembatasan Masalah

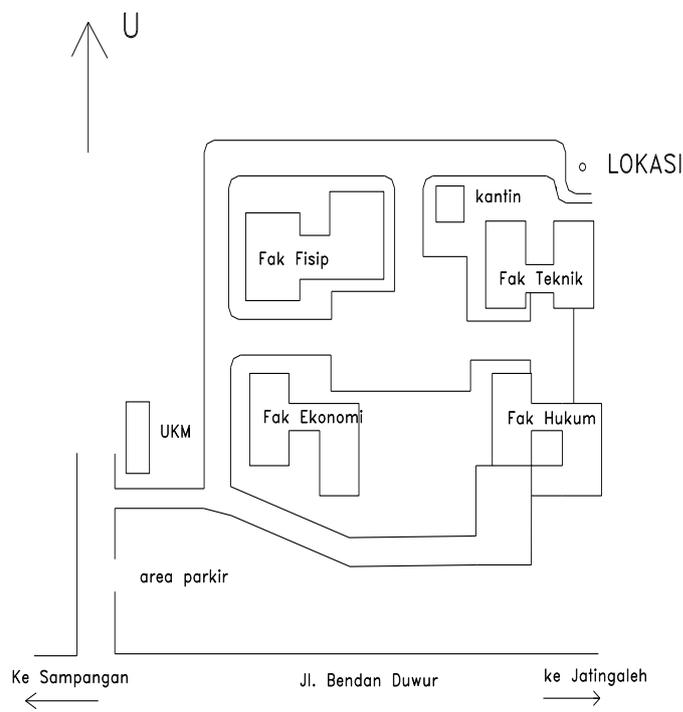
Ruang lingkup penelitian mempunyai batasan-batasan penelitian diantaranya penelitian ini dilakukan di lingkungan UNTAG Semarang, tanah uji bentukan dan dianggap homogen, pembebanan statis, batasan runtuh jika tanah telah mengalami penurunan sebesar 2,00 cm.

### 1.4 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung tanah secara praktis di lapangan dengan tujuan untuk perencanaan pondasi dangkal dibandingkan dengan daya dukung tanah hasil uji sondir.

### 1.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini memilih lokasi di lingkungan UNTAG sendiri. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pengontrolan dan pengecekan. Lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Uraian Umum

Metode pengujian untuk menentukan daya dukung tanah dengan beban statis pada pondasi dangkal dirumuskan oleh SNI 03-6796-2002 dengan metode pengujian beban pelat. Metode yang paling handal untuk mendapatkan daya dukung puncak pada suatu tapak ialah dengan melaksanakan suatu uji pembebanan. Metode ini akan memberikan langsung daya dukungnya kalau uji pembebanan tersebut dilakukan atas telapak berskala penuh, akan tetapi hal ini jarang dilakukan karena harus menerapkan beban yang relatif sangat besar.

### 2.2 Kapasitas Daya Dukung Berdasarkan Data Sondir (CPT)

Begemann (1974) menyarankan hubungan antara undrained shear strength ( $S_u$ ) seperti pada Persamaan (2.1), biasanya merupakan hasil percobaan unconfined compressive strength atau U.U. triaxial test dengan pembacaan ujung  $q_c$  pada uji sondir.

$$S_u = \frac{q_c - q}{N'C} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan:  $S_u$  = undrained shear strength ,  $c_u : \frac{qu}{2}$  ,  $q$  = tekanan efektif akibat

Tabel 1 Deskripsi nilai  $q_c$  (tekanan konus)

Hasil Sondir		Klasifikasi
$q_c$	$f_s$	
6	0.15 – 0.40	Humus, lempung sangat lunak
6 – 10	0.20	Pasir kelanauan lepas
	0.20 – 0.60	Pasir sangat lepas
10 – 30	0.10	Lempung lembek, lempung
	0.10 – 0.40	Pasir lepas
	0.40 – 0.80	Lempung/lempung kelanauan
30 – 60	0.80 – 2.00	Lempung agak kenyal
	1.50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
60 - 150	1.00 – 3.00	Lempung/lempung kenyal
	1.00	Kerikil kepasiran lepas
150 – 300	1.0 – 3.00	Pasir padat, pasir kelanauan/lempung padat/kerikil kelanauan
	3.0	Lempung kerikil kenyal
	1.0 – 2.00	Pasir padat, pasir kerikil padat, pasir kasar padat, pasir kelanauan sangat padat

overburden,  $q_c$  = conus resistance,  $N'C$  : faktor bearing capacity, dimana besarnya bervariasi antara 5 – 70. Biasanya digunakan antara 9-15.  $C_u$  untuk tanah lempung menurut Begemann ditampilkan pada Persamaan (2.2).

$$C_u = \frac{q_c}{14} \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk tanah pada umumnya, digunakan rumus Meyerhof (1965) pada Persamaan (2.3) dan Persamaan (2.4), dimana besarnya daya dukung Penelitian  $q_{all}$  bisa didapat langsung dengan menganggap besar penurunan 25 mm.

$$q_{all} = q_c/30 \dots\dots\dots(2.3)$$

$$q_{all} = \frac{q_c}{50} \left( \frac{B + F3}{B} \right)^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan :  $q_c$  : pembacaan tahanan ujung (kpa) atau (ksf).

### 2.3 Kapasitas daya dukung berdasarkan data pengujian beban pelat

Pengujian ini menggunakan pelat-pelat baja kecil berdiameter 12 sampai 30 inci atau persegi bersisik 12 x 12, atau 24 x 24 inci yang diberi beban. Beban yang digunakan berupa beban mati atau sebuah gelagar yang dibentangkan pada tiang pancang jangkar yang didorong ke dalam tanah sehingga sebuah dongkrak hidrolik dapat dipasang pada telapaknya untuk mendongkrak terhadap gelagar guna mendapatkan muatan telapak. Pengujian beban pelat prosedurnya telah dibakukan dalam ASTM D 1194.

### 2.4 Daya Dukung Lempung

Rumus kekuatan geser  $s = c + \sigma \tan \phi$  sebenarnya hanya tepat bilamana tidak ada tegangan air pori, kalau ada tegangan air pori maka tegangan air pori tersebut harus diperhitungkan. Tegangan air pori pada lapisan pasir boleh dianggap selalu tidak ada sehingga tidak ada kesulitan.

Pembuatan bangunan di atas lapisan lempung akan selalu menimbulkan tegangan air pori yang tidak akan segera menyusut. Waktu yang diperlukan untuk penyusutan tegangan air pori jauh lebih lama dari pada waktu yang diperlukan untuk mendirikan bangunan di atas lapisan lempung tersebut. Hal ini berarti

bahwa kekuatan geser lempung tidak akan mengalami perubahan selama masa pembangunan gedung atau bangunan tersebut. Daya dukung lempung biasanya dihitung dengan menggunakan nilai kekuatan geser sebelum bangunan itu didirikan, yaitu kekuatan geser tak terdrainase (*undrained*). Cara ini  $\phi$  dianggap nol dan kekuatan geser  $s = c$ . Jika nilai  $\phi = 0$ , maka rumus Terzaghi menjadi seperti pada Peramaan (2.5).

$$q = c N_c + \gamma D \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan :  $q$  = daya dukung tanah,  $c$  = kohesi tanah,  $N_c$  = nilai faktor daya dukung tanah,  $\gamma$  = berat isi tanah,  $D$  = dalam pondasi.

Nilai  $N_c$  yang paling sering digunakan untuk pondasi di atas lempung ialah nilai yang diusulkan oleh Skempton. Nilai-nilai ini diperoleh berdasarkan baik dari teori maupun dari pengalaman di lapangan. Nilai  $N_c$  untuk pondasi dangkal nilainya mendekati nilai menurut Terzaghi dan untuk pondasi dalam mendekati nilai Mayerhof. Nilai  $N_c$  pada pondasi lingkaran atau bujur sangkar mendekati 9 bilamana dalamnya pondasi sudah 4 kali lebih besar dari pada lebar pondasi.

## 2.6 Tegangan Tanah Hasil Penelitian

Nilai daya dukung yang dihitung dengan rumus di atas adalah tegangan terbesar yang dapat dipikul oleh tanah tersebut. Untuk mendapatkan tegangan dalam perencanaan pondasi, maka tegangan tanah yang diperbolehkan adalah daya dukung ultimate dibagi Faktor keamanan. Faktor keamanan secara umum diambil sebesar ( 3 ).

## III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Pengujian

Metode pengujian ini untuk mencari daya dukung tanah dengan cara uji pembebanan di lapangan. Beban yang digunakan berupa beban statis. Pengujian sondir dilakukan sebagai pembanding.

### 3.2 Bahan dan Peralatan

**Bahan,** bahan uji yang digunakan adalah tanah dasar di lingkungan UNTAG Semarang, tepatnya di samping Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik UNTAG Semarang. Bahan beban yang digunakan berupa kepingan beban dari baja.

**Peralatan,** Peralatan yang digunakan terdiri dari : Meja beban, yang digunakan tempat meletakkan beban, dial ukur penurunan, besi baja diameter 16 mm dengan panjang 100 cm, Alat penunjang, seperti alat penyangga agar besi baja tetap tegak, dan keping beban.

### 3.3 Program Pengujian

**Persiapan.** Persiapan diawali dengan menentukan lokasi pengujian, Tanah digali dan dibersihkan dari bebatuan dengan cara disaring sampai kedalaman 1 meter, Tanah yang sudah disaring dimasukkan kembali ke lubang pengujian dengan cara per lapis. Tiap lapisan setebal 20 cm dengan pemadatan 420 ketukan, Untuk tiap titik ada 4 kedalaman. Lapis pertama kedalaman 20 cm, lapis kedua kedalaman 40 cm, lapis ketiga kedalaman 60 cm. Untuk menghindari runtuhnya tanah maka digunakan pipa/tabung untuk menahannya, Untuk menghindari air masuk kelokasi pengujian maka digunakan plastik untuk melindunginya.

**Prosedur penelitian.** Proesedur pengujian dilakukan sebagai berikut menentukan titik lokasi pengujian, besi baja diletakan berdiri di lokasi pada kedalaman 20 cm dari permukaan tanah. Besi baja diberi penyangga agar tetap vertikal. Beban diletakan di atas meja beban secara bertahap. Penurunan yang terjadi dicatat besarnya setiap penambahan beban. Penambahan beban dilakukan dengan selang waktu 1 jam. Percobaan dihentikan apabila besi baja masuk ke dalam tanah sedalam 2,5 cm. Percobaan diulangi secara bertahap pada kedalaman 40 cm, 60 cm. Setelah percobaan selesai sebagai pembanding dilakukan pengujian sondir di dekat lokasi pengujian daya dukung tanah dengan beban statis tersebut. Pengujian dengan beban statis dapat dilihat pada Gambar 2.

### 3.3. Pengujian Sondir

Pengujian sondir diambil sampai kedalaman 60 cm, Percobaan dilakukan sebanyak 3 titik percobaan. Pengujian sondir ini dilakukan sebagai pembanding dari pengujian pembebanan statis. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui daya dukung tanah (*bearing capacity*). Uji sondir ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Pengujian Beban Statis.



Gambar 3. Pengujian Sondir.

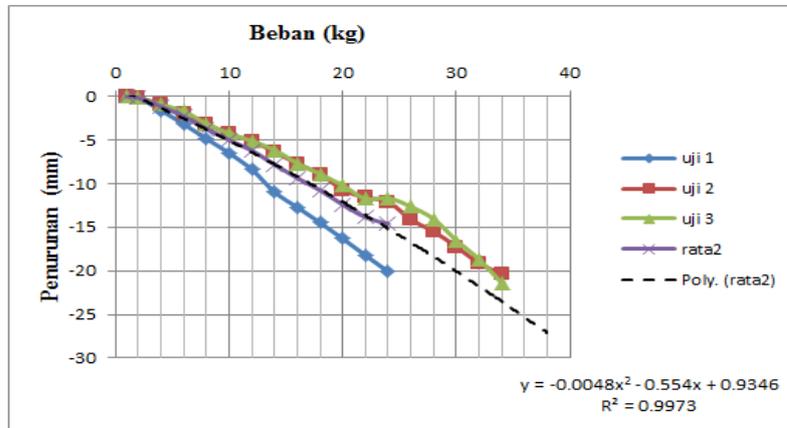
## IV HASIL UJI DAN ANALISIS DATA

### 4.1 Hasil Pengujian

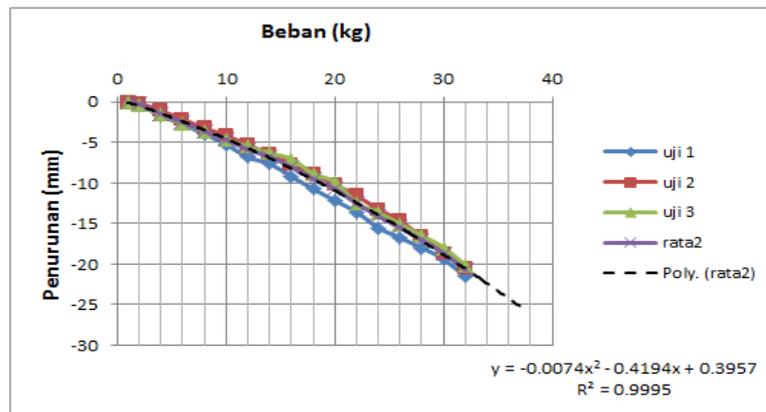
#### 4.1.1 Uji Percobaan Pembebanan Statis

Hasil pelaksanaan pengujian untuk menganalisis daya dukung tanah pondasi dangkal meliputi lay out titik uji dan catatan hasil penurunan akibat pembebanan yang ditampilkan dengan grafik hubungan antara penurunan dengan pembebanan. Pengujian pembebanan statis dihentikan pada saat penurunan minimal mencapai sebesar 2,0 cm.

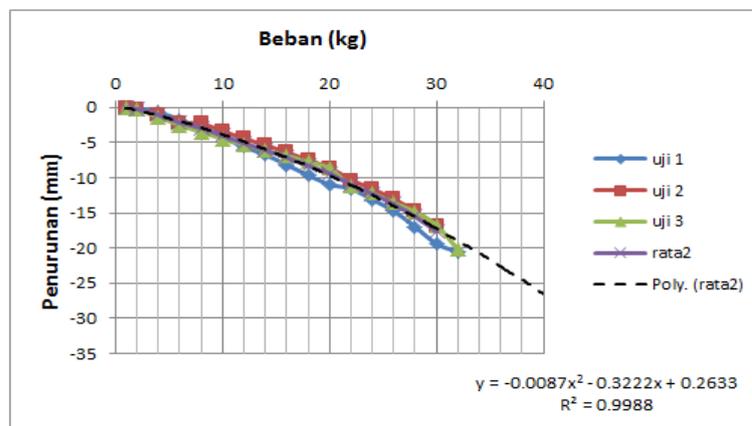
Catatan penurunan akibat beban yang diberikan secara bertahap diperlukan untuk mengetahui sejauh mana lapisan tanah masing-masing kedalaman mampu menerima beban tersebut. Hasil catatan penurunan untuk masing-masing kedalaman ditampilkan pada satu grafik selanjutnya di buat rata-rata dari ketiga titik uji tersebut, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 sampai Gambar 6.



Gambar 4. Hubungan Beban dan Penurunan pada Kedalaman Uji 20 Cm.



Gambar 5. Hubungan Beban dan Penurunan pada Kedalaman Uji 40 Cm.



Gambar 6. Hubungan Beban dan Penurunan pada Kedalaman Uji 60 Cm.

#### 4.1.2 Uji Sondir

Data pengujian sondir untuk ketiga titik lokasi ditampilkan pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4. Pencatatan data sondir interval 20 cm kedalaman, sesuai dengan kedalaman uji yang dilakukan dalam pengujian dengan uji beban static.

Tabel 2 Data Sondir Titik 1

Depth (m)	$q_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$q_c + q_f$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_s$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_t$ kg/cm	FR %
0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.20	4	6	0.2	4	5.00
0.40	6	8	0.2	8	3.33
0.60	8	11	0.3	14	3.75

Tabel 3 Data Sondir Titik 2

Depth (m)	$q_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$q_c + q_f$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_s$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_t$ kg/cm	FR %
0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.20	5	6	0.1	2	2.00
0.40	6	10	0.4	10	6.67
0.60	8	9	0.1	12	1.25

Tabel 4 Data Sondir Titik 3

Depth (m)	$q_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$q_c + q_f$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_s$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_t$ kg/cm	FR %
0.00	0	0	0.00	0.00	-10.00
0.20	4	6	0.2	4	5.00
0.40	6	8	0.2	8	3.33
0.60	8	11	0.3	14	3.75

#### 4.2 Analisis Daya Dukung Tanah

##### 4.2.1 Daya dukung tanah ultimate pada pembebanan statis

Hasil grafik penurunan terhadap beban untuk kedalaman 20 cm, pada penurunan 2 cm didapat beban seberat 30,0 kg. Luas besi  $\varnothing$  16 mm = 2,01 cm<sup>2</sup>. Daya dukung tanah dicari dengan menggunakan persamaan (2.1) diperoleh  $q_{ult} =$

14,98 kg/cm<sup>2</sup>, Kedalaman 40 cm diperoleh  $q_{ult} = 15,67 \text{ kg/cm}^2$ . Kedalaman 60 cm diperoleh  $q_{ult} = 16,52 \text{ kg/cm}^2$ .

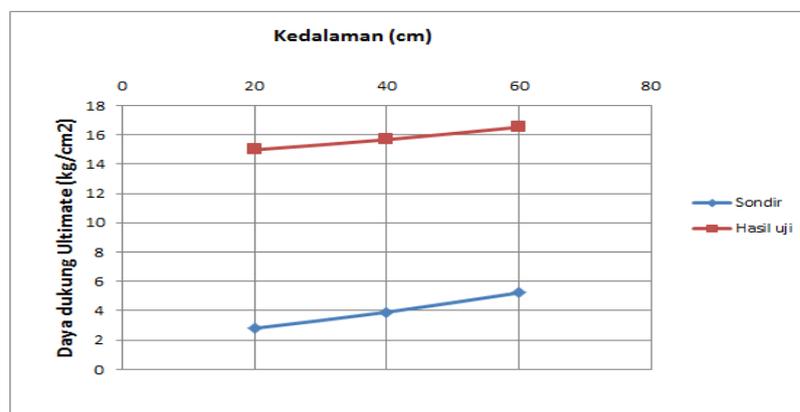
#### 4.2.2 Daya dukung tanah ultimate berdasar uji sondir

Daya dukung ultimate pada kedalaman 20 cm dapat ditentukan dengan metode Begemann, persamaan (2.13). Berdasarkan data  $q_c = 4,33 \text{ kg/cm}^2$ , maka diperoleh  $C_u = \frac{q_c}{14} = 0,31 \text{ kg/cm}^2$ . Daya dukung ultimate untuk tanah lempung  $\gamma = 1,602 \text{ gr/cm}^3$ , maka berdasarkan persamaan (2.19) akan diperoleh  $q_{ult} = C_u N_c + \gamma D = 2,81 \text{ kg/cm}^2$ . Dengan cara yang sama, maka daya dukung tanah pada kedalaman 40 cm diperoleh  $q_{ult} = 3,92 \text{ kg/cm}^2$ , dan pada kedalaman 60 cm diperoleh  $q_{ult} = 5,23 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 4.3 Perbandingan Hasil Pengujian Daya Dukung Tanah Ultimate ( $q_u$ )

Daya dukung ultimate merupakan daya dukung tanah sebelum diberikan nilai angka keamanan. Nilai angka keamanan tergantung dari fungsi bangunan yang bersangkutan, namun secara umum nilai angka keamanan untuk daya dukung pondasi dangkal adalah 3.

Gambar 7 ditampilkan daya dukung ultimate hasil uji beban statis dan sondir, sedangkan pada Tabel 5 ditampilkan perbandingan daya dukung ultimate antara hasil pembebanan statis dan sondir.



Gambar 7 Daya Dukung Ultimate Hasil Uji Beban Statis dan Uji sondir.

Tabel 5 Perbandingan Daya dukung tanah ultimate antara hasil pengujian pembebanan statis dengan pengujian sondir

Kedalaman ( cm )	Pembebanan Statis ( kg/cm <sup>2</sup> )	Sondir ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{A}{B}$
	( A )	( B )	
20	14,98	2,81	5,33
40	15,67	3,92	4,01
60	16,52	5,13	3,16
		Rata-rata	4,16

## V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil perhitungan daya dukung tanah dengan pembebanan statis dapat diambil kesimpulan antara lain:

- 1) Pengujian daya dukung tanah dengan pembebanan statis hanya dapat digunakan untuk perencanaan pondasi dangkal, dan bukan untuk pondasi dalam.
- 2) Berdasarkan Tabel 4.2, perbandingan hasil daya dukung tanah pengujian pembebanan statis lebih besar dari pada pengujian sondir.
- 3) Daya dukung tanah hasil dari pengujian pembebanan statis rata-rata 4,16 kali pengujian sondir.

### 5.2 Saran

- 1) Hasil daya dukung tanah penelitian dari hasil pembebanan statis dibagi dengan angka keamanan. diusulkan angka keamanan dalam pengujian beban stastis ini diambil 5. Angka ini perlu diaplikasikan secara nyata di lapangan dengan melakukan pengujian untuk 10 gedung atau lebih, dalam jangka waktu pengamatan 2 tahun.
- 2) Pengujian di lapangan dilakukan dengan teliti dalam menghitung dan membaca alat ukur untuk menghindari kesalahan.

- 3) Waktu yang diperlukan dalam interval pembacaan dalam pengujian pembebanan statis semakin lama maka hasil yang didapat akan semakin akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2002, *Metode Pengujian Untuk Menentukan Daya Dukung Tanah Dengan Beban Statis Pada pondasi Dangkal (SNI 03-6769-2002)*, Balitbang, Bandung.

Anonim, 1997, *Fundasi Dangkal dan Fundasi Dalam*, Gunadarma, Jakarta

Craig, R. F., Susilo, B., 1989, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.

Hardiyatmo, H.C., 1994, *Mekanika Tanah 2*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Rahardjo, P. P., *Interprestasi Parameter Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir, MBT*.

Sosrodarsono, S., Nakazawa, K., 1990, *Mekanika tanah dan Teknik Pondasi*, Pradnya Paramita, Jakarta

Sunggono, kh. V., 1995. *Buku Teknik Sipil*, Nova, Bandung.

Terzaghi, K., Peck, R. B., 1993, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, Erlangga, Jakarta.

Wesley, L.D., 1997, *Mekanika Tanah Badan*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.