

PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH URUGAN DENGAN METODE *GROUTING* DI SMK TEUKU UMAR SEMARANG, JAWA TENGAH

Oleh : Agnes Maria Mutiha Manalu

ABSTRACT

It is very important to note in bearing capacity of soil in development of multi-storey buildings. There are some geotechnical investigation can do to determine the value of bearing capacity of soil. One of them is cone penetration test. The location of three-storey building site SMK Teuku Umar, Karangrejo, Semarang has soils that dominated by clay. Soil located in the research area is quarry with low soil strength. The purpose of this research was determine the type of soil and the bearing capacity of soil in the areas of research, to know grouting method used to increase the strength of soil, to determine the bearing capacity of soil before and after grouting, and to know increasing the bearing capacity of soil from the work of grouting. The method used in this research is conducting geotechnical investigations in the form cone penetration test. This cone penetration test calculate the value of conus resistance on the subsurface with a certain depth, then the results of the testing is done processing data to determine the value of bearing capacity of soil contained in the three-storey building site SMK Teuku Umar, Semarang, Central Java. The type of soil in research location is burial land which is dominated by clay to sandy silt. The value of bearing capacity of soil permits at cone penetration test's point 1 before grouting $>100 \text{ ton/m}^2$ obtained at a depth of 6,4 m. After installing grouting, it found at a depth of 3,6 m. At cone penetration test's point 2, bearing capacity of soil permits before grouting $>100 \text{ ton/m}^2$ recently recovered at a depth of 6,6 m. After installing grouting, has been found at a depth of 3,8 m. At cone penetration test's point 3, value of bearing capacity of soil permits is increased very high, at depth of 1,6 m has had bearing capacity of soil permits $>100 \text{ ton/m}^2$. Method of grouting has increased the value of bearing capacity of soil.

Keyword : clay, grouting, increasing the value of bearing capacity of soil

I. Pendahuluan

Tanah di berbagai tempat memiliki jenis yang beraneka ragam. Tanah di daerah dingin berbeda dengan tanah di daerah gersang, tanah di daerah berlereng curam berbeda dengan tanah di daerah datar, tanah bervariasi dalam jarak yang pendek. Tanah pada lokasi dibangunnya gedung tiga lantai SMK Teuku Umar, Karangrejo, Semarang, Jawa Tengah termasuk dalam jenis tanah urugan. Tanah jenis ini memiliki sifat lempung hingga lanau pasiran, berwarna coklat kemerahan, gembur, mengandung komponen batuan beku andesitik, berukuran kerikil sampai bongkah.

Di setiap rencana pembangunan suatu gedung ada beberapa hal penting yang harus diketahui, salah satunya adalah faktor daya dukung tanah. Hal ini sangat penting karena dalam suatu rencana pembangunan suatu gedung faktor tersebut dijadikan acuan untuk pembuatan pondasi. Selain itu, kondisi geologi pada lokasi pembangunan juga harus diperhatikan seperti daerah gempa, daerah patahan, dan sebagainya.

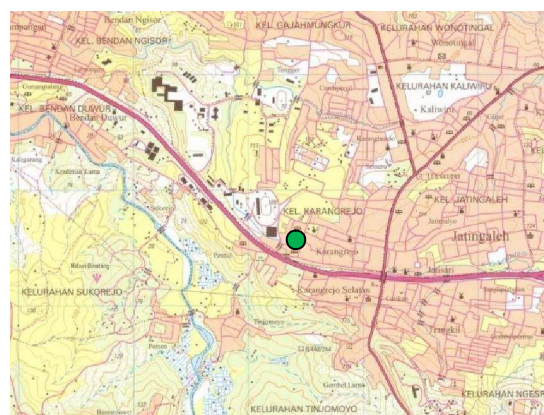
Untuk melakukan penyelidikan tanah ada beberapa cara yang dapat dilakukan, salah satunya berupa sondir. Nilai-nilai yang didapatkan dari hasil pengujian sondir digunakan untuk menentukan jenis tanah yang ada di bawah permukaan dan mengetahui daya dukung tanah pada lokasi pembangunan gedung tiga lantai SMK Teuku Umar, Semarang.

Apabila daya dukung tanah di daerah penelitian memiliki nilai yang rendah maka akan dilakukan penguatan tanah dengan *grouting*.

Metode *grouting* merupakan suatu proses dimana campuran air dan semen disuntikkan ke dalam tanah dengan menggunakan lubang bor, dengan demikian semen tersebut akan mengisi dan menutup rongga-rongga atau pori-pori yang terdapat pada tanah atau batuan sehingga daya dukung tanah menjadi meningkat.

II. Tinjauan Lokasi Penelitian

Secara administratif, lokasi penelitian berada di Jl. Karangrejo, Semarang, Jawa Tengah. Lokasi penelitian berada pada jalan beraspal yang dapat dilalui oleh kendaraan roda empat dan roda dua. Jarak tempuh lokasi penelitian dapat dilalui selama ± 20 menit dari kampus UNDIP Tembalang.



Gambar 1.2 Peta Lokasi Penelitian ditandai dengan Titik Hijau
(Peta RBI, BAKOSURTANAL, 2001)

Penelitian daya dukung tanah di lokasi pembangunan gedung tiga lantai SMK Teuku Umar, Semarang ini dilakukan dengan pengamatan bawah permukaan tanah dengan melakukan sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) sebelum dan sesudah dilakukan *grouting* pada lokasi penelitian.

III. Sondir

Berdasarkan Sosrodarsono (1981), metode percobaan di lapangan yang umum dilakukan pemeriksaan dan penyelidikan di lapangan adalah percobaan penetrasi atau *penetration test* yang menggunakan alat penetrometer. Cara penggunaan alat tersebut ialah dengan jalan menekan atau memutar stang – stang yang mempunyai ujung khusus ke dalam tanah, kita dapat menentukan dalamnya berbagai lapisan tanah yang berbeda dan mendapatkan indikasi tentang kekuatannya. Penyelidikan semacam ini disebut percobaan penetrasi dan alat yang dipakai disebut penetrometer statis (sondir). Penetrometer statis di Indonesia yang dipakai secara luas hanyalah alat sondir (*Dutch Penetrometer*), juga disebut *Dutch deep sounding apparatus*, yaitu suatu alat statis yang berasal dari negeri Belanda.

IV. Hubungan Empiris Kekuatan Tanah Berdasarkan Uji Sondir

Harga perlawanan konus hasil uji penetrasi sondir pada lapisan tanah/batuan dapat dihubungkan secara empiris dengan kekuatannya. Pada tanah berbutir halus (lempung – lanau), dapat ditentukan tingkat kekerasan relatifnya. Sedangkan pada tanah berbutir kasar (pasir – gravel) dapat ditentukan tingkat kepadatan relatifnya (Terzaghi dan Peck, 1984).

Tabel 2.1 Konsistensi Tanah Lempung Berdasarkan Hasil Sondir (Terzaghi Dan Peck, 1984)

Konsistensi	Conus Resistance (qc) Kg/cm ²	Friction Ratio (FR) %
Sangat lunak / <i>very soft</i>	< 5	3.5
Lunak / <i>soft</i>	5 – 10	3.5
Teguh / <i>firm</i>	10 -35	4.0
Kaku / <i>Stiff</i>	30 – 60	4.0
Sangat kaku / <i>very stiff</i>	60 – 120	6.0
Keras / <i>hard</i>	>120	6.0

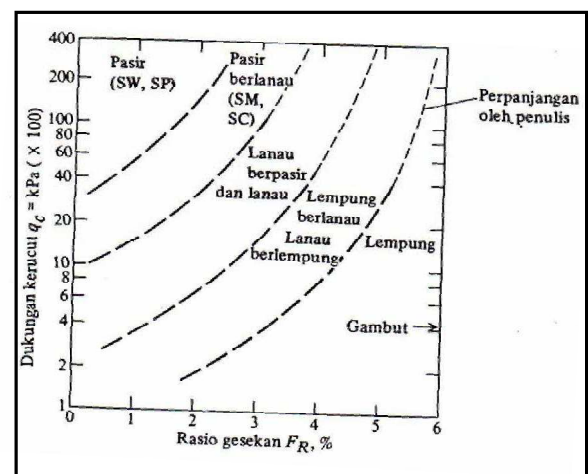
Tabel 2.2 Kepadatan Lapisan Tanah Berdasarkan Hasil Sondir (Terzaghi dan Peck, 1984)

Konsistensi	Conus Resistance (qc) Kg/cm ²	Friction Ratio (FR) %
Sangat Lepas / <i>very loose</i>	<20	2.0
Lepas / <i>loose</i>	20 – 40	2.0
Setengah Lepas / <i>medium</i>	40 – 120	2.0
Padat / <i>dense</i>	120 – 200	4.0
Sangat padat / <i>very dense</i>	>200	4.0

V. Hubungan Empiris Jenis Tanah Berdasarkan Uji Sondir

Harga perlawanan konus dan *friction ratio* hasil uji penetrasi sondir pada lapisan tanah / batuan dapat dihubungkan secara empiris dengan jenis tanahnya. Pada tanah berbutir semakin halus (lanau-lempung) cenderung memiliki harga perlawanan konus yang kecil tetapi sedangkan harga *friction ratio*-nya besar, Sedangkan pada tanah berbutir kasar (pasir – gravel) harga perlawanan konus yang besar tetapi sedangkan harga *friction ratio*-nya kecil

Untuk mengklasifikasikan tanah ada banyak jenis klasifikasi salah satunya dari Robertson (1986). Pada klasifikasi ini digunakan dengan cara memplotkan antara nilai qc dengan FR. Hasil pemplotannya itu menunjukkan jenis tanah pada daerah tersebut. Sebelum memplotkan nilai qc harus diubah terlebih satuan kg/cm² dahulu kedalam satuan MPa atau Mega pascal. Untuk nilai 1 kg/cm² = 0,0980665 MPa (Robertson,1990).



Gambar 2.2 Grafik hubungan qc da Fr menurut Robertson dan Campanella (Bowles, 1997)

IV. Rumus Daya Dukung Tanah

Banyak rumus yang dapat dipakai untuk mendisain pondasi. Pilihan yang dipakai sangat tergantung dari kebiasaan seseorang dalam perencanaan pondasi dan data-data tanah yang tersedia. Rumus tersebut terdiri dari rumus pondasi dangkal dan pondasi dalam. Kedua jenis pondasi ini sering ditemui di lapangan.

Daya dukung ultimit (*ultimit bearing capacity/qult*) didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. Untuk menentukan daya dukungnya dapat menggunakan rumus dari Schmertmann (1978) (Suprayitno, 2011).

Untuk tanah kohesif

$$q_{ult} = 5 + 0,34 q_c$$

Untuk tanah berbutir-butir

$$q_{ult} = 48 - 0,009(300 - q_c)^{1,5}$$

dimana :

q_{ult} = Daya Dukung Ultimit Tanah

q_c = Nilai Conus

Setelah didapatkan nilai daya dukung Ultimit Tanah (q_{ult}), Langkah selanjutnya menghitung daya dukung ijin tanah yaitu :

$$q_{all} = q_{ult} / S_f$$

dimana :

q_{all} = Daya Dukung ijin tanah

q_{ult} = Daya Dukung Tanah Ultimit

S_f = Faktor Keamanan biasanya nilainya diambil 3

VI. Grouting

Grouting adalah salah satu teknik untuk meningkatkan stabilitas konstruksi dan tanah/batuan dengan cara menginjeksikan bahan *grouting* (semen) ke dalam lubang bor atau retakan suatu konstruksi/tanah/batuan yang tidak stabil, dalam proses ini pori-pori konstruksi /tanah/batuan akan terisi dengan bahan *grouting*. Pada tanah pengisian pori-pori tanah oleh bahan *grouting* akan membatasi permeabilitas dan memperbaiki sifat-sifat kompreabilitas dan kekuatan tanah.

Tipe-tipe *grouting*:

Menurut Warner (2005), *Grouting* dapat dibedakan menjadi 6 tipe, yaitu:

a. Sementasi Penembusan (*Permeation Grouting*)

Grouting penembusan (*permeation grouting*) disebut juga *Grouting* penetrasi (*penetration grouting*), yang meliputi pengisian retakan, rekahan atau kerusakan pada batuan, rongga pada sistem pori-pori tanah serta media porous lainnya. Tujuan *Grouting* penembusan adalah untuk mengisi ruang pori (rongga), tanpa merubah formasi serta konfigurasi maupun volume rongga. *Grouting* jenis ini dapat dilakukan untuk

tujuan penguatan formasi, menghentikan aliran air yang melaluinya, maupun kombinasi keduanya. *Grouting* penembusan dapat meningkatkan kohesi tanah.

b. Sementasi Pemadatan (*CoMPaction Grouting*)

Grouting pemadatan dilakukan dengan cara menginjeksi material *Grouting* sangat kaku (*stiff*) pada tekanan tinggi ke dalam tanah. *Grouting* pemadatan merupakan mekanisme perbaikan yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Karena volume struktur pori tanah berkurang, maka permeabilitasnya juga akan berkurang. Meskipun begitu, *Grouting* pemadatan tidak dapat sepenuhnya mencegah terjadinya rembesan. *Grouting* pemadatan mampu meningkatkan beban tanah untuk mengompakkan atau memadatkannya.

c. Sementasi Rekahan (*Fracture Grouting*)

Grouting rekahan dilakukan pada rekahan hidrolik yang terdapat pada tanah dengan fluida suspensi atau material *Grouting slurry*, untuk menghasilkan hubungan antar lensa *Grouting* dan memberikan penguatan kembali (*reinforcement*). Umumnya *Grouting* rekahan digunakan pada tanah dengan permeabilitas rendah. *Grouting* rekahan dapat dilakukan pada beberapa jenis tanah dan kedalam, terutama sangat baik pada material lempung.

d. Sementasi Campuran/ Jet (*Mixing/ Jet Grouting*)

Grouting jet dilakukan dengan cara mengikis tanah menggunakan jet bertekanan tinggi dan injeksi serentak ke dalam tanah yang terganggu dengan jet monitor. *Grouting* tipe ini juga dapat digunakan untuk melakukan penyemenan di sekeliling tiang atau pondasi.

e. Sementasi Isi (*Fill Grouting*)

Semua rongga yang dihasilkan secara alami maupun buatan, kadang-kadang membutuhkan suatu pengisian atau penutupan. Pada jaman dahulu, pengisian dilakukan menggunakan peralatan yang sama dengan alat *Grouting* tipe lainnya. Saat ini, *Grouting* isi dilakukan menggunakan peralatan khusus dengan campuran concrete atau mortar.

f. Sementasi Vakum (*Vacuum Grouting*)

Umumnya pekerjaan *Grouting* dilakukan dengan cara mendorong material *Grouting* ke dalam formasi dengan tekanan tinggi. Akan tetapi, pada kondisi tertentu hasilnya tidak memuaskan. Oleh karena itu, vakum digunakan untuk menyedot material *Grouting* masuk ke dalam bagian yang mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut harus diisolasi dari tekanan barometrik terlebih dahulu, sehingga dengan kondisi yang vakum, material

Grouting akan tersedot dan tertarik ke dalam kerusakan tersebut.

VII. Metodologi Penelitian

Pada penelitian peningkatan daya dukung tanah untuk lokasi pembangunan SMK Teuku Umar, Semarang ini dilakukan pembahasan mengenai kondisi tanah dan nilai dukung tanah. Dalam tugas akhir kali ini, awal penyelidikan yang dilakukan adalah dengan cara observasi lapangan untuk meninjau langsung, mencatat keadaan umum yang ada, mengukur, serta melakukan deskripsi singkat terhadap kondisi daerah penelitian.

Tanah di lokasi penelitian merupakan tanah urugan yang didominasi dengan jenis tanah berupa lempung. Tanah jenis lempung memiliki kepadatan yang sangat kecil sehingga dapat dipastikan daya dukung tanah yang dimiliki juga kecil. Untuk meningkatkan daya dukung tanah tersebut maka dilakukan *grouting*. Sebelum dilaksanakan *grouting*, dilakukan observasi bawah permukaan berupa pengujian sondir sehingga diketahui nilai daya dukung yang dimiliki oleh tanah. Setelah dilakukan *grouting* juga dilakukan pengujian sondir kembali untuk mengetahui peningkatan daya dukung tanah yang terjadi.

Data yang didapat adalah dengan menekan stang alat sondir ke dalam tanah yang kemudian diperoleh hasil perlawanan tanah yang ada di SMK Teuku Umar, Semarang. Data yang diperoleh berupa perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total (T_f). Dari data sondir yang diperoleh dan diolah maka dapat digunakan untuk melakukan perhitungan terhadap daya dukung tanah yang terdapat di SMK Teuku Umar, Semarang. Data berupa perlawanan konus (q_c) dapat digunakan untuk memperoleh data daya dukung ultimit (q_{ult}) dan daya dukung ijin (q_{all}) yang kemudian digunakan untuk menentukan pondasi.

VIII. Tahapan Penelitian

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan seperti :

1. Tahap Persiapan

Penulisan tugas akhir ini dimulai dengan studi pustaka yang didapat dari jurnal atau makalah ilmiah serta penelusuran dengan internet sesuai dengan topik yang terkait. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder berupa kondisi regional dan materi mengenai uji sondir, *grouting*, daya dukung tanah, pondasi, dan rumus atau formula yang biasa digunakan dalam pengolahan data. Survei ke lokasi penelitian juga dilakukan pada tahap

ini untuk mengetahui gambaran umum yang ada.

2. Tahap Pengumpulan Data

Setelah dilakukannya studi pustaka maka dilanjutkan dengan tahapan pengumpulan data. Data-data yang diperoleh berasal dari keadaan yang ada di lokasi penelitian berupa jenis tanah, data pengujian sondir, dan data yang didapat dari instansi yang terkait. Data yang dikumpulkan tidak hanya berupa data perhitungan, akan tetapi data dokumenter juga diperlukan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas.

3. Tahap Pengolahan Data dan Analisis

Data yang telah diperoleh dari tahap pengumpulan data yang berupa jenis tanah dan hasil pengujian sondir selanjutnya diolah dan dilakukan analisis. Pengolahan data dilakukan berupa perhitungan nilai daya dukung ultimit tanah dengan cara melakukan perhitungan nilai q_c dikalikan dengan 0,34 kemudian dijumlahkan 5. Perhitungan daya dukung ijin tanah dengan cara nilai daya dukung ultimit tanah dibagi dengan faktor keamanan 3. Rumus atau formula yang digunakan mengacu pada referensi yang diperoleh dari studi literatur yang telah dilakukan pada tahap persiapan. Rumus untuk mengolah data tersebut terdiri dari beberapa jenis dikarenakan pembuktian rumus dilakukan oleh beberapa analis.

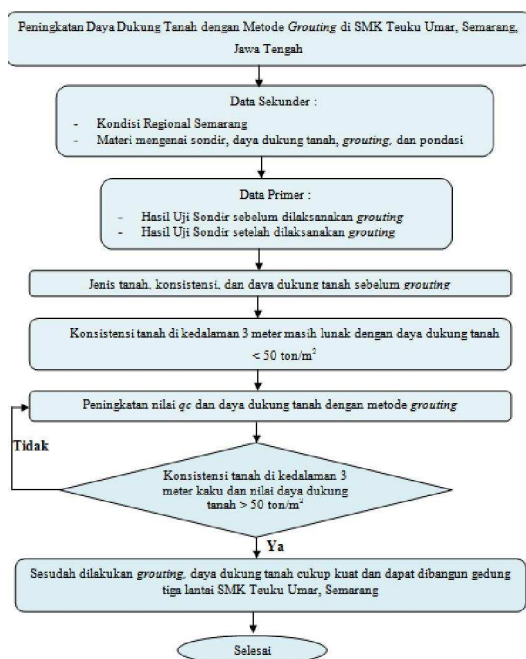
Selain itu juga dilakukan pengeplotan nilai q_c dan f_r untuk menentukan jenis tanah yang terdapat di bawah permukaan. Pengeplotan dilakukan pada grafik hubungan q_c dan f_r yang dikemukakan oleh Bawles 1997. Untuk menentukan konsistensi tanah dilakukan pengeplotan pada klasifikasi Terzaghi dan Peck, 1984.

4. Tahap Integrasi Hasil Analisis dan Interpretasi

Kondisi daerah penelitian yang didapat dari survei lapangan, studi pustaka yang dilakukan, pengumpulan data serta hasil pengolahan data yang diperoleh, semua hasil tersebut diintegrasikan secara setara. Hal tersebut dapat berfungsi sebagai pedoman untuk melakukan analisis terhadap tingkat keberhasilan penggunaan metode *grouting* dalam upaya peningkatan daya dukung tanah yang ada di SMK Teuku Umar, Semarang. Perbandingan antara nilai perlawanan konus dan nilai daya dukung tanah yang diperoleh dapat digunakan untuk mengetahui peningkatan daya dukung tanah yang terjadi. Dengan demikian dapat diperkirakan juga jenis pondasi apa yang sesuai pada keadaan tanah yang ada di lokasi penelitian tersebut. Kekerasan tanah yang diperoleh setelah dilakukan *grouting* akan disesuaikan dengan

klasifikasi yang ada, jika kekerasan telah sesuai dengan yang diinginkan maka *grouting* dihentikan.

IX. Diagram Alir



X. Hasil dan Pembahasan

Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan kondisi regional kota Semarang dan kenampakan di lapangan, maka dapat dijelaskan kondisi geologi secara umum daerah penelitian dari segi kondisi geomorfologi dan stratigrafinya.

Geomorfologi Daerah Penelitian

Dari hasil analisis kondisi morfologi dan morfometri daerah penelitian berada pada satuan geomorfologi perbukitan berlereng landai. Satuan geomorfologi ini memiliki bentuk permukaan bergelombang dengan kemiringan lereng 10 – 15% dan memiliki ketinggian wilayah sekitar 25 – 435 mdpl. Proses eksogenik berupa pelapukan cukup mempengaruhi kondisi tanah daerah penelitian. Pelapukan yang ada berlangsung secara rendah sampai sedang. Litologi yang terdapat pada daerah penelitian lempung, lanau, dan batupasir.

Dalam hal ini, kondisi geomorfologi daerah penelitian tidak terlalu mempengaruhi hasil penelitian. Hal ini dikarenakan lokasi penelitian hanya dalam lingkup daerah yang tidak luas, selain itu dalam penelitian tidak melakukan kegiatan pemetaan, hanya menginterpretasi dari kenampakan secara umum di lapangan dan berdasarkan kondisi regional.

Tata guna lahan yang terdapat pada daerah penelitian didominasi dengan pemukiman

penduduk, tempat ibadah dan sekolah. Hanya beberapa luas lahan yang digunakan sebagai tempat penanaman tumbuhan.

Stratigrafi Daerah Penelitian

Berdasarkan peta geologi Semarang oleh Thanden, dkk (1996) daerah penelitian masuk ke dalam Formasi Kerek dengan litologi berupa batulempung, batulempung karbonatan, batupasir tuf, konglomerat dan breksi vulkanik. Pada pengamatan di lapangan, litologi yang terdapat di daerah penelitian berupa lempung, pelapukan breksi vulkanik, konglomerat, dan lanau.

Lempung yang terdapat di daerah penelitian memiliki ciri-ciri fisik berwarna merah dengan ukuran butir halus. Pelapukan breksi vulkanik memiliki ciri-ciri fisik berwarna merah cerah dengan ukuran butir kasar. Lempung dan lanau yang ditemukan berasal dari proses pelapukan yang terjadi pada daerah penelitian dengan tingkat pelapukan rendah sampai sedang.

Kondisi Tanah Sebelum Grouting

Untuk mengetahui jenis tanah yang akan didirikan bangunan lantai tiga SMK Teuku Umar dilakukan pekerjaan penyelidikan tanah uji sondir pada tiga titik pengujian. Alat yang digunakan berupa satu unit alat sondir dengan kapasitas 2,5 ton.

Pengujian Sondir dilakukan untuk mengetahui pelawanan tanah yang dilakukan dengan cara menusukkan bikonus/konus ke dalam tanah. Dari gesekan dan tekanan bikonus yang terjadi di dalam tanah dihantarkan melalui stang sondir bagian dalam yang kemudian dibaca pada manometer. Dari data yang diperoleh maka dibuat grafik perlawanan tanah dan hambatan konis. Dengan adanya grafik sondir maka dapat diketahui kondisi dan kedalaman tanah untuk perencanaan pondasi.

• Sondir 1

Uji sondir pada titik ini dilakukan hingga kedalaman 7,4 meter dan pembacaan nilai *conus resistance* dilakukan pada tiap selisih kedalaman 0,2 meter. Pada kedalaman 0 meter sampai 1 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 0 kg/cm² hingga 3 kg/cm². Kedalaman 1,2 meter sampai 2 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 5 kg/cm² hingga 18 kg/cm². Kedalaman 2,2 meter hingga 3 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 20 kg/cm² hingga 25 kg/cm². Kedalaman 3,2 meter sampai 4 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 20 kg/cm² hingga 35 kg/cm². Kedalaman 4,2 meter sampai 5 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 40 kg/cm² hingga 45 kg/cm². Kedalaman 5,2 meter sampai 6 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 35 kg/cm²

hingga 60 kg/cm². Kedalaman 6,2 meter sampai 7,4 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 70 kg/cm² hingga 115 kg/cm².

Harga perlawanan konus hasil uji sondir pada lapisan tanah dapat dihubungkan dengan empiris kekuatannya. Hal ini dikemukakan oleh Terzaghi dan Peck (1984) yang melakukan klasifikasi konsistensi tanah lempung berdasarkan nilai *conus resistanceny*. Hasil uji sondir pada titik ini memiliki konsistense tanah dari sangat lunak hingga sangat kaku. Tanah dengan konsistensi sangat lunak berada pada kedalaman 0 meter sampai 1 meter dengan nilai *conus resistance* 0 kg/cm² hingga 3 kg/cm². Tanah dengan konsistensi lunak berada pada kedalaman 1,2 meter sampai 1,4 meter dengan nilai *conus resistance* 5 kg/cm² hingga 9 kg/cm². Tanah dengan konsistensi teguh berada pada kedalaman 1,6 meter sampai 4,2 meter dengan nilai *conus resistance* 13 kg/cm² hingga 40 kg/cm². Tanah dengan konsistensi kaku berada pada kedalaman 4,4 meter sampai 6 meter dengan nilai *conus resistance* 50 kg/cm² hingga 60 kg/cm². Tanah dengan konsistensi sangat kaku berada pada kedalaman 6,2 meter sampai 7,4 meter dengan nilai *conus resistance* 70 kg/cm² hingga 115 kg/cm².

Data hasil pengujian sondir tidak memberikan gambaran secara langsung mengenai jenis atau struktur lapisan tanah, tetapi dengan mempelajari hubungan antara nilai *conus resistance* dan *friction ratio* juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis tanah. Bowles (1997) telah mengutip hasil penelitian yang dilakukan oleh Robertson dan Campanella (1983) yang membahas tentang hubungan antara *qc* dengan *Fr* pada beberapa jenis tanah yang dipresentasikan dalam bentuk grafik. Pada klasifikasi ini nilai *qc* diubah ke dalam satuan MPa (Mega Pascal), dimana 1 = 0,0980665 MPa (Robertson, 1990). Berdasarkan pengeplotan yang dilakukan maka diketahui pada kedalaman 0 meter sampai 1,8 meter merupakan jenis tanah lempung dengan nilai *qc* antara 0 MPa hingga 1,35 MPa dan nilai *Fr* antara 0% hingga 20%. Kedalaman 2 meter sampai 6,2 meter merupakan jenis tanah lempung kelanauan dengan nilai *qc* antara 1,62 MPa hingga 6,3 MPa dan nilai *Fr* antara 2,1% hingga 4%. Kedalaman 6,4 meter sampai 7,4 meter merupakan jenis tanah lanau kepasiran dengan nilai *qc* antara 7,65 MPa hingga 10,35 MPa dan nilai *Fr* antara 1,8% hingga 3%.

Tabel 4.1 Konsistensi dan kondisi tanah berdasarkan data sondir *qc* dan *Fr* titik sondir 1

Depth (m)	qc (kg/m ²)	qc (MPa)	FR (%)	Konsistensi (Terzaghi dan Peck 1984)	Kondisi Tanah (Bowles 1997)
0,00	0,0	0	0,0	Sangat Lunak	Lempung
0,20	1,0	0,09	0,0	Sangat Lunak	Lempung
0,40	1,0	0,09	10,0	Sangat Lunak	Lempung
0,60	1,0	0,09	20,0	Sangat Lunak	Lempung
0,80	3,0	0,27	6,7	Sangat Lunak	Lempung
1,00	3,0	0,27	10,0	Sangat Lunak	Lempung
1,20	5,0	0,45	4,0	Lunak	Lempung
1,40	9,0	0,81	3,3	Lunak	Lempung
1,60	13,0	1,17	2,3	Teguh	Lempung
1,80	15,0	1,35	2,7	Teguh	Lempung
2,00	18,0	1,62	2,2	Teguh	Lempung kelanauan
2,20	20,0	1,8	2,5	Teguh	Lempung kelanauan
2,40	21,0	1,89	2,9	Teguh	Lempung kelanauan
2,60	12,0	1,08	4,2	Teguh	Lempung
2,80	20,0	1,8	3,0	Teguh	Lempung kelanauan
3,00	25,0	2,25	2,8	Teguh	Lempung kelanauan
3,20	20,0	1,8	2,5	Teguh	Lempung kelanauan
3,40	24,0	2,16	2,1	Teguh	Lempung kelanauan
3,60	28,0	2,52	2,1	Teguh	Lempung kelanauan
3,80	30,0	2,7	3,3	Teguh	Lempung
4,00	35,0	3,15	2,9	Teguh	Lempung kelanauan
4,20	40,0	3,6	3,8	Teguh	Lempung
4,40	50,0	4,5	3,0	Kaku	Lempung kelanauan
4,60	50,0	4,5	4,0	Kaku	Lempung kelanauan
4,80	55,0	4,95	4,5	Kaku	Lempung kelanauan
5,00	45,0	4,05	5,6	Kaku	Lempung
5,20	35,0	3,15	4,3	Teguh	Lempung
5,40	20,0	1,8	7,5	Teguh	Lempung
5,60	25,0	2,25	6,0	Teguh	Lempung
5,80	50,0	4,5	4,0	Kaku	Lempung kelanauan
6,00	60,0	5,4	3,3	Kaku	Lempung kelanauan
6,20	70,0	6,3	3,6	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
6,40	85,0	7,65	1,8	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
6,60	85,0	7,65	2,4	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
6,80	95,0	8,55	2,1	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
7,00	105,0	9,45	1,9	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
7,20	115,0	10,35	2,6	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
7,40	115,0	10,35	3,0	Sangat Kaku	Lanau kepasiran

• Sondir 2

Uji sondir pada titik ini dilakukan hingga kedalaman 7,6 meter dan pembacaan nilai *conus resistance* dilakukan pada tiap selisih kedalaman 0,2 meter. Pada kedalaman 0 meter sampai 1 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 0 kg/cm² hingga 6 kg/cm². Kedalaman 1,2 meter sampai 2 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 5 kg/cm² hingga 24 kg/cm². Kedalaman 2,2 meter sampai 3 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 7 kg/cm² hingga 20 kg/cm². Kedalaman 3,2 meter sampai 4 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 25 kg/cm² hingga 30 kg/cm². Kedalaman 4,2 meter sampai 5 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 32 kg/cm² hingga 50 kg/cm². Kedalaman 5,2 meter sampai 6 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 20 kg/cm² hingga 55 kg/cm². Kedalaman 6,2 meter sampai 7,6 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 50 kg/cm² hingga 120 kg/cm².

Harga perlawanan konus hasil uji sondir pada lapisan tanah dapat dihubungkan dengan empiris kekuatannya. Hal ini dikemukakan oleh Terzaghi dan Peck (1984) yang melakukan klasifikasi konsistensi tanah lempung berdasarkan nilai *conus resistanceny*. Hasil uji sondir pada titik ini memiliki konsistense tanah dari sangat lunak hingga sangat kaku. Tanah dengan konsistensi sangat lunak berada pada

kedalaman 0 meter sampai 0,8 meter dengan nilai *conus resistance* 0 kg/cm² hingga 3 kg/cm². Tanah dengan konsistensi lunak berada pada kedalaman 1 meter dengan nilai *conus resistance* 6 kg/cm². Tanah dengan konsistensi teguh berada pada kedalaman 1,2 meter sampai 4,2 meter dengan nilai *conus resistance* antara 12 kg/cm² hingga 32 kg/cm². Tanah dengan konsistensi kaku berada pada kedalaman 4,4 meter sampai 6,2 meter dengan nilai *conus resistance* antara 37 kg/cm² hingga 50 kg/cm². Tanah dengan konsistensi sangat kaku berada pada kedalaman 6,4 meter sampai 7,6 meter dengan nilai *conus resistance* antara 65 kg/cm² hingga 120 kg/cm².

Data hasil pengujian sondir tidak memberikan gambaran secara langsung mengenai jenis atau struktur lapisan tanah, tetapi dengan mempelajari hubungan antara nilai *conus resistance* dan *friction ratio* juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis tanah. Bowles (1997) telah mengutip hasil penelitian yang dilakukan oleh Robertson dan Campanella (1983) yang membahas tentang hubungan antara *qc* dengan *Fr* pada beberapa jenis tanah yang dipresentasikan dalam bentuk grafik. Pada klasifikasi ini nilai *qc* diubah ke dalam satuan MPa (Mega Pascal), dimana 1 kg/cm² = 0,0980665 MPa (Robertson, 1990). Berdasarkan pengeplotan yang dilakukan maka diketahui pada kedalaman 0 meter sampai 3,6 meter merupakan jenis tanah lempung dengan nilai *qc* antara 0 MPa hingga 2,25 MPa dan nilai *Fr* antara 0% hingga 2,9%. Kedalaman 3,8 meter sampai 7,4 meter merupakan jenis tanah lempung kelanauan dengan nilai *qc* antara 2,34 MPa hingga 9 MPa dan nilai *Fr* antara 2,7% hingga 3,5%. Kedalaman 7,6 meter merupakan jenis tanah lanau pasir dengan nilai *qc* sebesar 10,8 MPa dan nilai *Fr* sebesar 2,5%.

Tabel 4.3 Konsistensi dan kondisi tanah berdasarkan data sondir *qc* dan *Fr* titik sondir 2

Depth (m)	qc (kg/m ²)	qc (MPa)	FR (%)	Konsistensi (Terzaghi dan Peck 1984)	Kondisi Tanah (Bowles 1997)
0,00	0,0	0	0,0	Sangat Lunak	Lempung
0,20	1,0	0,09	10,0	Sangat Lunak	Lempung
0,40	1,0	0,09	20,0	Sangat Lunak	Lempung
0,60	1,0	0,09	20,0	Sangat Lunak	Lempung
0,80	3,0	0,27	6,7	Sangat Lunak	Lempung
1,00	6,0	0,54	6,7	Lunak	Lempung

Tabel 4.4 Konsistensi dan kondisi tanah berdasarkan data sondir *qc* dan *Fr* titik sondir 2 (lanjutan)

Depth (m)	qc (kg/m ²)	qc (MPa)	FR (%)	Konsistensi (Terzaghi dan Peck 1984)	Kondisi Tanah (Bowles 1997)
1,20	12,0	1,08	4,2	Teguh	Lempung
1,40	21,0	1,89	2,9	Teguh	Lempung kelanauan
1,60	13,0	1,17	3,8	Teguh	Lempung
1,80	24,0	2,16	4,6	Teguh	Lempung
2,00	5,0	0,45	6,0	Lunak	Lempung
2,20	7,0	0,63	5,7	Lunak	Lempung
2,40	7,0	0,63	8,6	Lunak	Lempung
2,60	12,0	1,08	3,3	Teguh	Lempung
2,80	12,0	1,08	5,0	Teguh	Lempung
3,00	20,0	1,8	3,5	Teguh	Lempung
3,20	25,0	2,25	2,4	Teguh	Lempung kelanauan
3,40	18,0	1,62	2,8	Teguh	Lempung
3,60	21,0	1,89	2,9	Teguh	Lempung
3,80	26,0	2,34	2,7	Teguh	Lempung kelanauan
4,00	30,0	2,7	3,0	Teguh	Lempung kelanauan
4,20	32,0	2,88	3,4	Teguh	Lempung kelanauan
4,40	37,0	3,33	3,0	Kaku	Lempung kelanauan
4,60	40,0	3,6	2,5	Kaku	Lempung kelanauan
4,80	50,0	4,5	2,0	Kaku	Lempung kelanauan
5,00	50,0	4,5	3,0	Kaku	Lempung kelanauan
5,20	55,0	4,95	3,6	Kaku	Lempung
5,40	50,0	4,5	6,7	Teguh	Lempung
5,60	20,0	1,8	7,5	Teguh	Lempung
5,80	35,0	3,15	4,3	Teguh	Lempung
6,00	50,0	4,5	3,0	Kaku	Lempung kelanauan
6,20	50,0	4,5	4,0	Kaku	Lempung
6,40	65,0	5,85	2,3	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
6,60	75,0	6,75	2,7	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
6,80	80,0	7,2	2,5	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
7,00	80,0	7,2	3,1	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
7,20	85,0	7,65	3,5	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
7,40	100,0	9	3,0	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
7,60	120,0	10,8	2,5	Sangat Kaku	Lanau kepasiran

• Sondir 3

Uji sondir pada titik ini dilakukan hingga kedalaman 6,8 meter dan pembacaan nilai *conus resistance* dilakukan pada tiap selisih kedalaman 0,2 meter. Pada kedalaman 0 meter sampai 1 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 0 kg/cm² hingga 3 kg/cm². Kedalaman 1,2 meter sampai 2 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 7 kg/cm² hingga 17 kg/cm². Kedalaman 2,2 meter sampai 3 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 10 kg/cm² hingga 21 kg/cm². Kedalaman 3,2 meter sampai 4 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 23 kg/cm² hingga 30 kg/cm². Kedalaman 4,2 meter sampai 5 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 35 kg/cm² hingga 70 kg/cm². Kedalaman 5,2 meter sampai 6 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 20 kg/cm² hingga 50 kg/cm². Kedalaman 6,2 meter sampai 6,8 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 60 kg/cm² hingga 100 kg/cm².

Harga perlawanan konus hasil uji sondir pada lapisan tanah dapat dihubungkan dengan empiris kekuatannya. Hal ini dikemukakan oleh Terzaghi dan Peck (1984) yang melakukan klasifikasi konsistensi tanah lempung berdasarkan nilai *conus resistancenya*. Hasil uji sondir pada titik ini memiliki konsistensi tanah dari sangat lunak hingga sangat kaku. Tanah dengan konsistensi sangat lunak berada pada

kedalaman 0 meter sampai 1 meter dengan nilai *conus resistance* antara 0 kg/cm² hingga 3 kg/cm². Tanah dengan konsistensi lunak berada pada kedalaman 1,2 meter sampai 1,6 meter dengan nilai *conus resistance* antara 7 kg/cm² hingga 10 kg/cm². Tanah dengan konsistensi teguh berada pada kedalaman 1,8 meter sampai 4,2 meter dengan nilai *conus resistance* antara 15 kg/cm² hingga 35 kg/cm². Tanah dengan konsistensi kaku berada pada kedalaman 4,4 meter sampai 6,2 meter dengan nilai *conus resistance* antara 45 kg/cm² hingga 60 kg/cm². Tanah dengan konsistensi sangat kaku berada pada kedalaman 6,4 meter sampai 6,8 meter dengan nilai *conus resistance* antara 75 kg/cm² hingga 100 kg/cm².

Data hasil pengujian sondir tidak memberikan gambaran secara langsung mengenai jenis atau struktur lapisan tanah, tetapi dengan mempelajari hubungan antara nilai *conus resistance* dan *friction ratio* juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis tanah. Bowles (1997) telah mengutip hasil penelitian yang dilakukan oleh Robertson dan Campanella (1983) yang membahas tentang hubungan antara *qc* dengan *Fr* pada beberapa jenis tanah yang dipresentasikan dalam bentuk grafik. Pada klasifikasi ini nilai *qc* diubah ke dalam satuan MPa (Mega Pascal), dimana 1 kg/cm² = 0,0980665 MPa (Robertson, 1990). Berdasarkan pengeplotan yang dilakukan maka diketahui pada kedalaman 0 meter sampai 4,2 meter merupakan jenis tanah lempung dengan nilai *qc* antara 0 MPa hingga 3,15 MPa dan nilai *Fr* antara 0% hingga 20%. Kedalaman 4,4 meter sampai 6,8 meter merupakan jenis tanah lempung kelanauan dengan nilai *qc* antara 4,05 MPa hingga 8,1 MPa dan nilai *Fr* antara 1,1% hingga 3,9%.

Tabel 4.5 Konsistensi dan kondisi tanah berdasarkan data sondir *qc* dan *Fr* titik sondir 3

Depth (m)	qc (kg/m ²)	qc (MPa)	FR (%)	Konsistensi (Terzaghi dan Peck 1984)	Kondisi Tanah (Robertson 1997)
0,00	0,0	0	0,0	Sangat Lunak	Lempung
0,20	1,0	0,09	10,0	Sangat Lunak	Lempung
0,40	1,0	0,09	20,0	Sangat Lunak	Lempung
0,60	1,0	0,09	40,0	Sangat Lunak	Lempung
0,80	3,0	0,27	13,3	Sangat Lunak	Lempung
1,00	3,0	0,27	20,0	Sangat Lunak	Lempung
1,20	7,0	0,68	7,1	Lunak	Lempung
1,40	10,0	0,9	5,0	Lunak	Lempung
1,60	10,0	0,9	7,0	Lunak	Lempung
1,80	15,0	1,35	3,3	Teguh	Lempung
2,00	17,0	1,53	3,5	Teguh	Lempung
2,20	21,0	1,89	2,4	Teguh	Lempung
2,40	21,0	1,89	3,3	Teguh	Lempung
2,60	10,0	0,9	4,0	Lunak	Lempung
2,80	12,0	1,08	4,2	Teguh	Lempung
3,00	19,0	1,71	3,2	Teguh	Lempung
3,20	23,0	2,07	2,6	Teguh	Lempung
3,40	25,0	2,25	3,6	Teguh	Lempung
3,60	27,0	2,43	3,7	Teguh	Lempung
3,80	27,0	2,43	4,4	Teguh	Lempung
4,00	30,0	2,7	3,3	Teguh	Lempung
4,20	35,0	3,15	2,9	Teguh	Lempung
4,40	45,0	4,05	1,1	Kaku	Lempung kelanauan
4,60	50,0	4,5	3,0	Kaku	Lempung kelanauan
4,80	55,0	4,95	2,7	Kaku	Lempung kelanauan
5,00	70,0	6,3	2,9	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
5,20	50,0	4,5	2,0	Kaku	Lempung kelanauan
5,40	35,0	3,15	4,3	Kaku	Lempung
5,60	27,0	2,43	4,4	Teguh	Lempung
5,80	20,0	1,8	6,5	Teguh	Lempung
6,00	30,0	4,5	4,0	Kaku	Lempung

Tabel 4.6 Konsistensi dan kondisi tanah berdasarkan data sondir *qc* dan *Fr* titik sondir 3 (lanjutan)

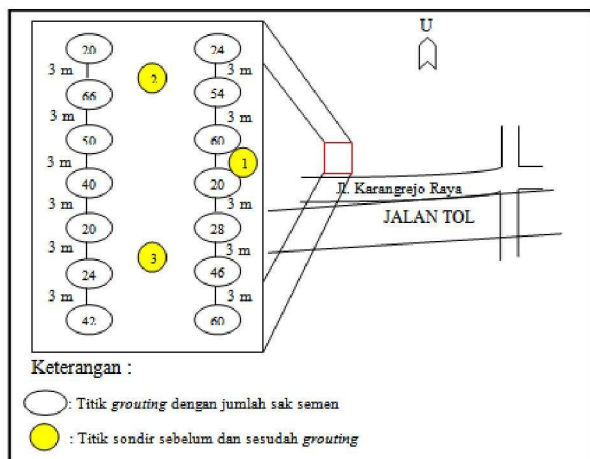
Depth (m)	qc (kg/m ²)	qc (MPa)	FR (%)	Konsistensi (Terzaghi dan Peck 1984)	Kondisi Tanah (Robertson 1997)
6,20	60,0	5,4	4,2	Kaku	Lempung
6,40	75,0	6,75	3,3	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
6,60	90,0	8,1	3,9	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
6,80	100,0	9	3,0	Sangat Kaku	Lempung

Penentuan Jenis Grouting

Berdasarkan hasil pengeplotan nilai *conus resistance* dan nilai *friction ratio* pada grafik klasifikasi yang dikemukakan Bowles (1997), diketahui tanah yang ada di daerah penelitian didominasi oleh lempung dengan konsistensi tanah sangat lunak hingga kaku. Tanah sangat lunak memiliki daya dukung tanah yang kecil, salah satu penanggulangan yang tepat untuk mengatasi masalah tanah lempung yang sangat lunak adalah dengan melakukan pemadatan tanah. *Grouting* merupakan salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah atau batuan. *Grouting* merupakan salah satu penanggulangan gerakan tanah melalui rekayasa kimia dan mekanis. Pekerjaan *grouting* dilakukan dengan menyuntikkan pasta semen ke dalam tanah atau batuan melalui lubang bor dengan tujuan menutup diskonstruksi terbuka, rongga-rongga dan lubang-lubang pada lapisan yang dituju untuk meningkatkan kekuatan tanahnya.

Dalam peningkatan daya dukung tanah untuk bangunan lantai tiga SMK Teuku Umar Semarang kali ini digunakan *grouting* dengan jenis *permeation grouting* atau sementasi penembusan. Menurut Warner (2005), *grouting* penembusan ini merupakan mekanisme perbaikan yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Karena volume struktur pori tanah berkurang, maka permeabilitas tanah juga akan berkurang. *Grouting* jenis ini tidak dapat sepenuhnya mencegah terjadinya rembesan, akan tetapi mampu meningkatkan beban tanah dan mengompakkannya atau memadatkannya serta meningkatkan kohesi tanah.

Cairan *grouting* yang digunakan berupa cairan mortar dengan komposisi semen dan air yang memiliki perbandingan 2 : 1 dimana jumlah semen sebanyak 2 sak dicampur dengan 40 liter air. *Grouting* pemadatan dilakukan sebanyak 14 titik hingga kedalaman 8 meter dengan jumlah sak semen yang berbeda-beda tiap titik nya. Jarak antar titik sebesar 3 meter.



Gambar 4.4 Sketsa Titik Sondir dan Titik Grouting (tanpa skala)

Kondisi Tanah Sesudah Grouting

Setelah dilakukan *grouting*, maka pengujian sondir dilakukan kembali untuk mengetahui jenis dan sifat lapisan tanah sehingga dapat dirancang pondasi yang sesuai standar untuk bangunan SMK Teuku Umar Semarang. Sama seperti sebelum *grouting*, pengujian sondir juga dilakukan sebanyak tiga titik.

• Sondir 1

Uji sondir pada titik ini dilakukan hingga kedalaman 3,6 meter dan pembacaan nilai *conus resistance* dilakukan pada tiap selisih kedalaman 0,2 meter. Pada kedalaman 0 meter sampai 1 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 0 kg/cm² hingga 8 kg/cm². Kedalaman 1,2 meter sampai 2 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 2 kg/cm² hingga 41 kg/cm². Kedalaman 2,2 meter sampai 3,6 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 20 kg/cm² hingga 85 kg/cm².

Harga perlawanan konus hasil uji sondir pada lapisan tanah dapat dihubungkan dengan empiris kekuatannya. Hal ini dikemukakan oleh Terzaghi dan Peck (1984) yang melakukan klasifikasi konsistensi tanah lempung berdasarkan nilai *conus resistancenya*. Hasil uji sondir pada titik ini memiliki konsistensi tanah dari sangat lunak hingga sangat kaku. Tanah dengan konsistensi sangat lunak berada pada kedalaman 0 meter sampai 0,4 meter dengan nilai *conus resistance* antara 0 kg/cm² hingga 3 kg/cm². Tanah dengan konsistensi lunak berada pada kedalaman 0,6 meter sampai 1,6 meter dengan nilai *conus resistance* antara 6 kg/cm² hingga 8 kg/cm². Tanah dengan konsistensi teguh berada pada kedalaman 1,8 meter dengan nilai *conus resistance* sebesar 32 kg/cm². Tanah dengan konsistensi kaku

berada pada kedalaman 2 meter sampai 3,4 meter, nilai *conus resistance* antara 35 kg/cm² hingga 45 kg/cm². Tanah dengan konsistensi sangat kaku berada pada kedalaman 3,6 meter dengan nilai *conus resistance* sebesar 85 kg/cm².

Data hasil pengujian sondir tidak memberikan gambaran secara langsung mengenai jenis atau struktur lapisan tanah, tetapi dengan mempelajari hubungan antara nilai *conus resistance* dan *friction ratio* juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis tanah. Bowles (1997) telah mengutip hasil penelitian yang dilakukan oleh Robertson dan Campanella (1983) yang membahas tentang hubungan antara *qc* dengan *Fr* pada beberapa jenis tanah yang dipresentasikan dalam bentuk grafik. Pada klasifikasi ini nilai *qc* diubah ke dalam satuan MPa (Mega Pascal), dimana 1 kg/cm² = 0,0980665 MPa (Robertson, 1990). Berdasarkan pengeplotan yang dilakukan maka diketahui pada kedalaman 0 meter sampai 1,8 meter merupakan jenis tanah lempung dengan nilai *qc* antara 0 MPa hingga 2,88 MPa dan nilai *Fr* antar 0% hingga 20%. Kedalaman 2 meter sampai 3,4 meter merupakan jenis tanah lempung kelanauan dengan nilai *qc* antara 1,98 MPa hingga 4,5 MPa dan *Fr* antara 1,1% hingga 2,2%. Kedalaman 3,6 meter merupakan jenis tanah lanau kepasiran dengan nilai *qc* sebesar 7,65 MPa dan nilai *Fr* sebesar 1,8%.

Tabel 4.7 Konsistensi dan kondisi tanah berdasarkan data sondir *qc* dan *Fr* titik sondir 1

Depth (m)	qc (kg/m ²)	qc (MPa)	FR (%)	Kepadatan (Terzaghi dan Peck, 1984)	Kondisi Tanah (Bowles, 1997)
0,00	0,0	0	0,0	Sangat Lunak	Lempung
0,20	3,0	0,27	0,0	Sangat Lunak	Lempung
0,40	3,0	0,27	10,0	Sangat Lunak	Lempung
0,60	8,0	0,72	-9,9	Lunak	Lempung
0,80	8,0	0,72	5,0	Lunak	Lempung
1,00	8,0	0,72	6,3	Lunak	Lempung
1,20	2,0	0,18	10,0	Sangat Lunak	Lempung
1,40	2,0	0,18	20,0	Sangat Lunak	Lempung
1,60	6,0	0,54	13,3	Lunak	Lempung
1,80	32,0	2,88	2,2	Teguh	Lempung
2,00	41,0	3,69	2,2	Kaku	Lempung kelanauan
2,20	38,0	3,42	1,1	Kaku	Lempung kelanauan
2,40	35,0	3,15	0,6	Kaku	Lanau kepasiran
2,60	50,0	4,5	2,0	Kaku	Lempung kelanauan
2,80	45,0	4,05	2,2	Kaku	Lempung kelanauan
3,00	20,0	1,8	2,5	Teguh	Lempung
3,20	25,0	2,25	2,0	Teguh	Lempung kelanauan
3,40	22,0	1,98	1,8	Teguh	Lempung kelanauan
3,60	85,0	7,65	1,8	Sangat Kaku	Lanau kepasiran

• Sondir 2

Uji sondir pada titik ini dilakukan hingga kedalaman 5,8 meter dan pembacaan nilai *conus resistance* dilakukan pada tiap selisih kedalaman 0,2 meter. Pada kedalaman 0 meter sampai 1 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 0 kg/cm² hingga 11 kg/cm². Kedalaman 1,2 meter sampai 2 meter, nilai *conus resistance* 8 hingga 24. Kedalaman 2,2 meter sampai 3 meter, nilai

conus resistance berkisar antara 35 kg/cm² hingga 70 kg/cm². Kedalaman 3,2 meter sampai 4 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 40 kg/cm² hingga 85 kg/cm². Kedalaman 4,2 meter sampai 5,8 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 50 kg/cm² hingga 100 kg/cm².

Harga perlawanan konus hasil uji sondir pada lapisan tanah dapat dihubungkan dengan empiris kekuatannya. Hal ini dikemukakan oleh Terzaghi dan Peck (1984) yang melakukan klasifikasi konsistensi tanah lempung berdasarkan nilai *conus resistance*-nya. Hasil uji sondir pada titik ini memiliki konsistensi tanah dari sangat lunak hingga sangat kaku. Tanah dengan konsistensi sangat lunak berada pada kedalaman 0 meter dengan nilai *conus resistance* sebesar 0 kg/cm². Tanah dengan konsistensi lunak berada pada kedalaman 0,2 meter dengan nilai *conus resistance* sebesar 6 kg/cm². Tanah dengan konsistensi teguh berada pada kedalaman 0,4 meter sampai 2 meter dengan nilai *conus resistance* antara 11 kg/cm² hingga 26 kg/cm². Tanah dengan konsistensi kaku berada pada kedalaman 2,2 meter sampai 2,6 meter dengan nilai *conus resistance* antara 35 kg/cm² hingga 54 kg/cm². Tanah dengan konsistensi sangat kaku berada pada kedalaman 2,8 meter hingga 5,8 meter dengan nilai *conus resistance* antara 70 kg/cm² hingga 100 kg/cm².

Data hasil pengujian sondir tidak memberikan gambaran secara langsung mengenai jenis atau struktur lapisan tanah, tetapi dengan mempelajari hubungan antara nilai *conus resistance* dan *friction ratio* juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis tanah. Bowles (1997) telah mengutip hasil penelitian yang dilakukan oleh Robertson dan Campanella (1983) yang membahas tentang hubungan antara *qc* dengan *Fr* pada beberapa jenis tanah yang dipresentasikan dalam bentuk grafik. Pada klasifikasi ini nilai *qc* diubah kedalam satuan MPa (Mega Pascal), dimana 1 kg/cm² = 0,0980665 MPa (Robertson, 1990). Berdasarkan pengeplotan yang dilakukan maka diketahui pada kedalaman 0 meter sampai 1,8 meter merupakan jenis tanah lempung dengan nilai *qc* antara 0 MPa hingga 2,34 MPa dan nilai *Fr* antara 0% hingga 5%. Kedalaman 2 meter sampai 5,2 meter merupakan jenis tanah lempung kelanauan dengan nilai *qc* antara 2,16 MPa hingga 4,95 MPa dan nilai *Fr* antara 0,8% hingga 2,5%. Kedalaman 5,4 meter sampai 5,8 meter merupakan jenis tanah lanau kepasiran dengan nilai *qc* antara

6,3 MPa hingga 9 MPa dan nilai *Fr* antara 0,6% hingga 2,5%

Tabel 4.8 Konsistensi dan kondisi tanah berdasarkan data sondir *qc* dan *Fr* titik sondir 2

Depth (m)	qc (kg/m ²)	qc (MPa)	FR (%)	Kepadatan (Terzaghi dan Peck, 1984)	Kondisi Tanah (Bowles, 1997)
0,00	0,0	0	0,0	Sangat Lunak	Lempung
0,20	6,0	0,54	0,0	Lunak	Lempung
0,40	14,0	1,26	2,9	Teguh	Lempung
0,60	26,0	2,34	0,8	Teguh	Lempung
0,80	22,0	1,98	1,8	Teguh	Lempung kelanauan
1,00	11,0	0,99	2,7	Teguh	Lempung
1,20	8,0	0,72	5,0	Lunak	Lempung
1,40	18,0	1,62	2,2	Teguh	Lempung
1,60	22,0	1,98	3,2	Teguh	Lempung
1,80	12,0	1,08	1,7	Teguh	Lempung
2,00	24,0	2,16	0,8	Teguh	Lempung kelanauan
2,20	35,0	3,15	2,9	Kaku	Lempung
2,40	38,0	3,42	2,1	Kaku	Lempung kelanauan
2,60	54,0	4,86	2,4	Kaku	Lempung kelanauan
2,80	70,0	6,3	0,7	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
3,00	70,0	6,3	1,4	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
3,20	40,0	3,6	1,3	Kaku	Lempung kelanauan
3,40	40,0	3,6	2,5	Kaku	Lempung
3,60	60,0	5,4	0,8	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
3,80	85,0	7,65	1,3	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
4,00	44,0	3,96	3,2	Kaku	Lempung kelanauan
4,20	50,0	4,5	3,0	Kaku	Lempung kelanauan
4,40	70,0	6,3	1,4	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
4,60	60,0	5,4	2,5	Sangat Kaku	Lempung kelanauan
4,80	80,0	7,2	1,3	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
5,00	55,0	4,95	1,8	Kaku	Lempung kelanauan
5,20	55,0	4,95	1,8	Kaku	Lempung kelanauan
5,40	70,0	6,3	1,1	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
5,60	80,0	7,2	0,6	Sangat Kaku	Lanau kepasiran
5,80	100,0	9	2,5	Sangat Kaku	Lanau kepasiran

- **Sondir 3**

Uji sondir pada titik ini dilakukan hingga kedalaman 1,6 meter dan pembacaan nilai *conus resistance* dilakukan pada tiap selisih kedalaman 0,2 meter. Pada kedalaman 0 meter sampai 1 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 0 kg/cm² hingga 15 kg/cm². Kedalaman 1,2 meter sampai 1,6 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 9 kg/cm² hingga 150 kg/cm².

Harga perlawanan konus hasil uji sondir pada lapisan tanah dapat dihubungkan dengan empiris kekuatannya. Hal ini dikemukakan oleh Terzaghi dan Peck (1984) yang melakukan klasifikasi konsistensi tanah lempung berdasarkan nilai *conus resistance*-nya. Hasil uji sondir pada titik ini memiliki konsistensi tanah dari sangat lunak hingga sangat keras. Tanah dengan konsistensi sangat lunak berada pada kedalaman 0 meter dengan nilai *conus resistance* sebesar 0 kg/cm². Tanah dengan konsistensi lunak berada pada kedalaman 0,2 meter sampai 0,4 meter dengan nilai *conus resistance* sebesar 8 kg/cm². Tanah dengan konsistensi teguh berada pada kedalaman 0,6 meter sampai 0,8 meter dengan nilai *conus resistance* antara 11 kg/cm² hingga 15 kg/cm². Tanah dengan konsistensi keras berada pada kedalaman 1,6 meter dengan nilai *conus resistance* sebesar 150 kg/cm².

Data hasil pengujian sondir tidak memberikan gambaran secara langsung mengenai jenis atau struktur lapisan tanah, tetapi dengan mempelajari hubungan antara nilai *conus resistance* dan *friction ratio* juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis tanah. Bowles (1997) telah mengutip hasil penelitian yang dilakukan oleh Robertson dan Campanella (1983) yang membahas tentang hubungan antara *qc* dengan *Fr* pada beberapa jenis tanah yang dipresentasikan dalam bentuk grafik. Pada klasifikasi ini nilai *qc* diubah ke dalam satuan MPa (Mega Pascal), dimana $1 \text{ kg/cm}^2 = 0,0980665 \text{ MPa}$ (Robertson, 1990). Berdasarkan pengeplotan yang dilakukan maka diketahui pada kedalaman 0 meter sampai 1,2 meter merupakan jenis tanah lempung dengan nilai *qc* antara 0 MPa hingga 0,81 MPa dan nilai *Fr* antara 0% hingga 3,3%. Kedalaman 1,4 meter merupakan jenis tanah lempung kelanauan dengan nilai *qc* sebesar 2,16 MPa dan nilai *Fr* sebesar 1,7%. Kedalaman 1,6 meter merupakan jenis tanah pasir kelanauan dengan nilai *qc* sebesar 13,5 MPa dan nilai *Fr* sebesar 1,3%.

Tabel 4.9 Konsistensi dan kondisi tanah berdasarkan data sondir *qc* dan *Fr* titik sondir 3

Depth (m)	qc (kg/m ²)	qc (MPa)	FR (%)	Kepadatan (Terzaghi dan Peck, 1984)	Kondisi Tanah (Bowles, 1997)
0,00	0,0	0	0,0	Sangat Lunak	Lempung
0,20	8,0	0,72	0,0	Lunak	Lempung
0,40	8,0	0,72	2,5	Lunak	Lempung
0,60	11,0	0,99	2,7	Teguh	Lempung
0,80	15,0	1,35	2,0	Teguh	Lempung
1,00	7,0	0,63	7,1	Lunak	Lempung
1,20	9,0	0,81	3,3	Lunak	Lempung
1,40	24,0	2,16	1,7	Teguh	Lempung kelanauan
1,60	150,0	13,5	1,3	Keras	Pasir kelanauan

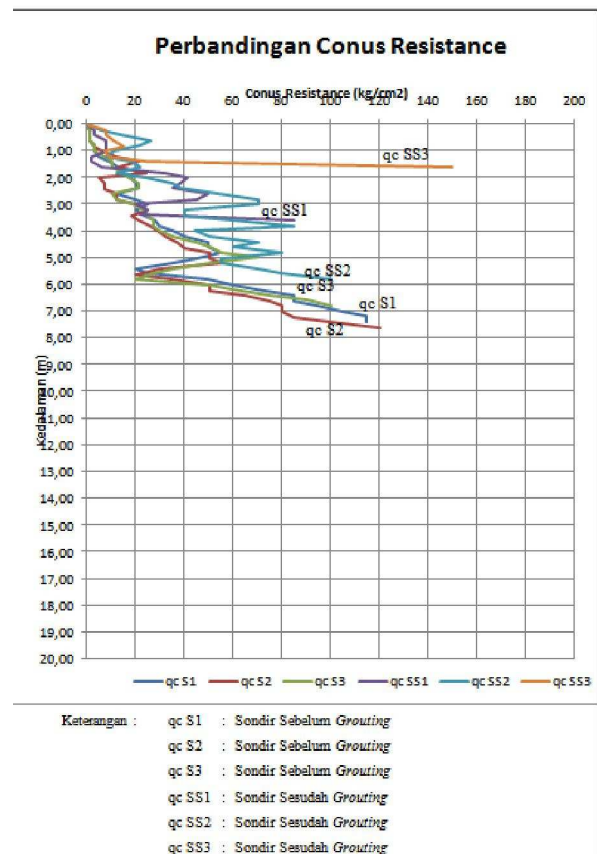
Evaluasi Mutu *Grouting* Dengan Hasil Sondir

Dampak yang dihasilkan oleh pekerjaan *grouting* pada tanah bangunan lantai tiga SMK Teuku Umar Semarang terlihat dari hasil pengujian sondir yang dilakukan sebelum dan sesudah *grouting* dan kemudian diklasifikasikan serta dilakukan perhitungan nilai daya dukung tanah.

Perubahan Nilai *Conus Resistance* (*qc*)

Hasil klasifikasi konsistensi tanah berdasarkan nilai *conus resistance* yang dilakukan data pengujian sondir sebelum dilakukan *grouting* menunjukkan pada titik sondir 1 tanah yang memiliki konsistensi kaku berada mulai dari kedalaman 4,4 meter dengan nilai *conus resistance* 50 kg/cm². Setelah dilakukan *grouting*, tanah yang memiliki konsistensi kaku berada mulai dari kedalaman 2 meter dengan nilai *conus resistance* 41 kg/cm². Pada titik sondir 2 tanah yang memiliki konsistensi kaku berada mulai dari kedalaman 4,4

meter dengan nilai *conus resistance* 37 kg/cm². Setelah dilakukan *grouting*, tanah yang memiliki konsistensi kaku berada mulai kedalaman 2,2 meter dengan nilai *conus resistance* 35 kg/cm². Pada titik sondir 3 tanah yang memiliki konsistensi kaku berada mulai dari kedalaman 4,4 meter dengan nilai *conus resistance* 45 kg/cm². Setelah dilakukan *grouting*, tanah yang memiliki konsistensi keras mulai dari kedalaman 1,6 meter dengan nilai *conus resistance* 150 kg/cm².



Gambar 4.1 Perbandingan perlawanan konus sebelum dan sesudah *grouting*

Perbandingan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Hasil Sondir

Berdasarkan nilai *conus resistance* yang didapat dari pengujian sondir maka dapat dihitung nilai daya dukung ultimit dan daya dukung ijin tanah. Daya dukung ultimit didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. Untuk perhitungan kali ini menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Schmertmann (1978). Perhitungan nilai daya dukung ultimit dibagi menjadi dua golongan yaitu perhitungan untuk tanah kohesif dan tanah berbutir. Dari jenis tanah yang telah diketahui, daerah penelitian didominasi oleh lempung. Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan keadaan bahwa bagian-bagian melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah

sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah tanpa adanya perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah. Oleh karena itu, perhitungan nilai daya dukung ultimit tanah yang digunakan adalah yang merupakan golongan tanah kohesi. Setelah diketahui nilai dukung ultimit tanah, maka dilakukan perhitungan nilai daya dukung ijin tanah. Hasil perhitungan nilai daya dukung tanah sebelum dan sesudah *grouting* yang telah diperoleh kemudian dibandingkan untuk mengevaluasi peningkatan daya dukung yang terjadi. Perbandingan nilai daya dukung tanah dilakukan maksimal pada kedalaman 1,6 meter saja sesuai dengan data pengujian sondir yang ada, selain itu perbandingan yang terlihat juga lebih jelas.

Pada titik sondir 1 peningkatan nilai daya dukung ijin tanah yang diperoleh berkisar $16,7 \text{ ton/m}^2 - 31,4 \text{ ton/m}^2$ menjadi $16,7 \text{ ton/m}^2 - 25,7 \text{ ton/m}^2$ akan tetapi daya dukung tanah memiliki nilai yang sama pada kedalaman 0,8 meter sebelum *grouting* dan 0,2 meter sesudah *grouting* yaitu sebesar $20,1 \text{ ton/m}^2$. Pada titik sondir 2 peningkatan nilai daya dukung tanah yang diperoleh berkisar $16,7 \text{ ton/m}^2 - 40,5 \text{ ton/m}^2$ menjadi $16,7 \text{ ton/m}^2 - 46,1 \text{ ton/m}^2$, akan tetapi daya dukung tanah memiliki nilai sama pada kedalaman 1 meter sebelum *grouting* dan 0,2 meter sesudah *grouting* yaitu sebesar $23,5 \text{ ton/m}^2$. Nilai maksimum beban yang dapat ditahan pada titik ini sebelum *grouting* sebesar $40,5 \text{ ton/m}^2$, sedangkan sesudah *grouting* nilai maksimum beban yang dapat ditahan sebesar $46,1 \text{ ton/m}^2$. Pada titik sondir 3 peningkatan nilai daya dukung tanah yang diperoleh berkisar $16,7 \text{ ton/m}^2 - 28 \text{ ton/m}^2$ menjadi $16,7 \text{ ton/m}^2 - 186,7 \text{ ton/m}^2$. Nilai maksimum beban tanah pada titik ini sebelum *grouting* hanya sebesar 28 ton/m^2 , sedangkan sesudah dilakukan *grouting* nilai maksimum beban yang dapat ditahan sebesar $186,7 \text{ ton/m}^2$.

Perbandingan ketiga titik sondir sampai kedalaman 1,6 meter tidak memperlihatkan peningkatan daya dukung tanah yang cukup tinggi terutama pada titik sondir 1 dan titik sondir 2. Peningkatan daya dukung tanah yang tinggi sampai kedalaman 1,6 meter hanya didapat pada titik sondir 3. Akan tetapi, pada titik sondir 1 sebelum *grouting* nilai daya dukung ijin tanah $> 100 \text{ ton/m}^2$ baru didapat pada kedalaman 6,4 meter, sedangkan sesudah dilakukan *grouting* nilai daya dukung tanah $> 100 \text{ ton/m}^2$ telah ditemukan mulai dari kedalaman 3,6 meter. Begitu juga pada titik sondir 2, sebelum *grouting* nilai daya dukung ijin tanah $> 100 \text{ ton/m}^2$ baru didapat pada kedalaman 6,6 meter, sedangkan sesudah dilakukan *grouting* nilai daya dukung ijin tanah $> 100 \text{ ton/m}^2$ telah didapat pada kedalaman 3,8 meter.

Dari hasil perhitungan daya dukung ijin tanah dan kondisi jenis tanah yang diperoleh maka dapat diberikan gambaran untuk menentukan jenis pondasi yang cocok untuk bangunan lantai 3 SMK Teuku Umar Semarang. Berdasarkan pengeplotan nilai *conus resistance* daerah penelitian didominasi dengan jenis tanah lempung. Untuk bangunan bertingkat atau berstruktur berat sebaiknya menggunakan pondasi

telapak dengan kedalaman > 3 meter, daya dukung pondasi yang diijinkan berkisar antara 24,47 hingga 127,56 ton. Pemilihan pondasi yang dilakukan ditentukan dari segi ekonomis dimana pondasi telapak tidak membutuhkan biaya yang mahal dan praktis dalam pemasangannya. Kedalaman 3 meter yang disarankan dilakukan berdasarkan nilai *conus resistance* yang cukup kuat yaitu $> 50 \text{ ton/m}^2$. Nilai *conus resistance* akan terus meningkat dengan bertambahnya umur *grouting*.

XI. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Kesimpulan

- Jenis tanah di daerah penelitian berupa lempung hingga lanau kepasiran.
- Sebelum dilakukan *grouting*, konsistensi tanah kaku berada mulai dari kedalaman 4,4 meter, sedangkan sesudah *grouting* konsistensi tanah kaku terdapat mulai dari kedalaman 2 meter.
- Jenis *grouting* yang dilakukan berupa *permeation grouting* atau penembusan sementasi.
- Nilai daya dukung ijin tanah sebelum *grouting* $> 100 \text{ ton/m}^2$ di kedalaman 6 meter, sedangkan sesudah dilakukan *grouting* nilai daya dukung tanah $> 100 \text{ ton/m}^2$ berada pada kedalaman 3 meter.
- Metode *grouting* dapat meningkatkan daya dukung tanah pada lokasi pembangunan gedung tiga lantai SMK Teuku Umar, Semarang dengan nilai yang cukup signifikan.

Saran

Pondasi yang disarankan untuk bangunan SMK Teuku Umar berupa pondasi telapak dengan kedalaman 3 meter dan daya dukung pondasi yang diijinkan berkisar antara 24,47 hingga 127,56 ton.

DAFTAR PUSTAKA

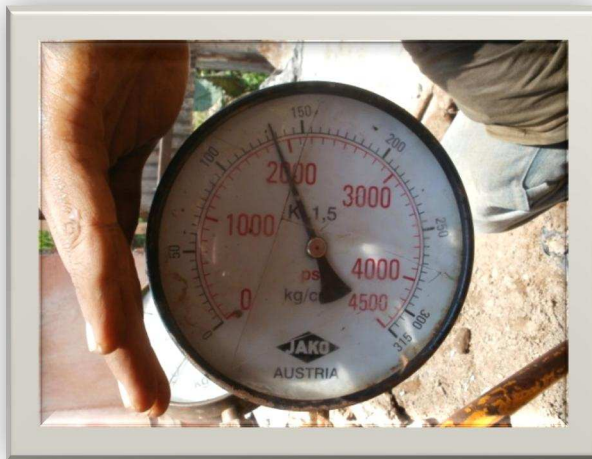
- Badan Koordinasi Survei. 2001. *Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) Semarang Lembar 1409-222 Edisi 2001 Skala 1 : 25.000*. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Bandung.
- BPN-Semarang.Net. 2007. *Gambaran Umum Kota Semarang*. <http://www.bpn-semarang.net/index.php>: Badan Pertahanan Nasional Kantor Pertanahan Kota Semarang.
- Barentsen, P. 1936. Short description of field testing method with cone shaped sounding apparatus. *In Proceedings 1st International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Cambridge, Mass, 1, B/3: 6-10.
- Bowless, J.E, 1997. *Fondation Analysis and Design*. McGraw-Hill, Fourth Edition.

- Brouwes, J.J.M, 2002. *Guide To Cone Penetration Testing On Shore And Near Shore*. Lankelma CPT Ltd., First Edition.
- Dwiyanto, J.S. 2005. *Handout Geoteknik D4 Sungai dan Pantai*. Departemen Pekerjaan Umum. Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Keahlian dan Teknik Konstruksi, Bandung.
- Khedanta, 2011. *Jenis Pondasi*. (<http://khedanta.files.wordpress.com/20011/08/jenis-pondasi.htm>)
- Hardiyatmo, Hary. 1998. *Teknik Pondasi I*. (<http://artikelsipil.blogspot.com/2011/fondasi-pada-tanah-lempung.htm>)
- Najoan. 2002. *Interpretasi Hasil Uji dan Penyusunan Laporan Penyelidikan Geoteknik*. Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum.
- Pangesti, Dyah Rahayu. 2005. *Pedoman Grouting untuk Bendungan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Direktorat Sungai, Danau, dan Waduk
- Robertson, P.K., 1990. *Soil classification using the cone penetration test*. Canadian Geotechnical Journal, 27(1): 151-158.
- Schmertmann, J.H. 1986. *Suggested Method For Performing The Flat Dilatometer Test*. ASTM Geotechnical Testing Journal, Vol. 9 (2), 93-101
- Suprayitno, Untung. 2011. *Penentuan daya dukung pondasi dari hasil sondir (CPT)*. (<http://untungsuprayitno.wordpress.com/2011/05/19/penentuan-daya-dukung-pondasi-dari-hasil-sondir/>)
- Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Terzaghi, Karl dan Ralph B Peek. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Thanden R.E, H.Sumadirdja, P.W. Richards, K. Sutisna, dan T.C. Amin. 1996. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang Skala 1 : 100000*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Warner, J .2005. *Practical Handbook of Grouting Soil, Rock and Structures*. Mariposa. California.
- Wesley, L.D. 1977. *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Widioko, G., 2007, *Panduan Praktikum Geologi Teknik, Laboratorium Geoteknik, Geothermal, Geofisika*. Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Undip, Semarang.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Foto Akifitas Pekerjaan Sondir Penyelidikan Tanah SMK Teuku Umar (PT. Selimut Bumi Adhi Cipta, 2012)



***Lampiran 2. Foto Pembacaan Nilai Conus Resistance (qc) pada Pekerjaan Sondir
(PT. Selimut Bumi Adhi Cipta, 2012)***

No	Tanggal Pemboran	Tanggal Grouting	No. LB	Semen (sak)	Kedalaman (m)	Volume (liter)
1.	29/01/2012	30/01/2012	LB1	60	8	3,164,40
		01/02//2012				
2.	29/01/2012	30/01/2012	LB2	42	8	2.215,08
		01/02/2012				
3.	30/01/2012	30/01/2012	LB3	46	8	2.426,04
		01/02/2012				
4.	31/01/2012	01/02/2012	LB4	24	8	1.265,76
5.	31/01/2012	01/02/2012	LB5	28	8	1.476,72
6.	02/02/2012	03/02/2012	LB6	20	8	1.054,80
7.	02/02/2012	03/02/2012	LB7	20	8	1.054,80
8.	03/02/2012	03/02/2012	LB8	40	8	2.109,60
		04/02/2012				
9.	03/02/2012	04/02/2012	LB9	60	8	3.164,40
		05/02/2012				
10.	04/02/2012	04/02/2012	LB10	50	8	2.673,00
		05/02/2012				
11.	05/02/2012	07/02/2012	LB11	50	8	2.673,00
12.	05/02/2012	07/02/2012	LB12	66	8	3.408,84

13.	06/02/2012	08/02/2012	LB13	24	8	1.265,76
14.	06/02/2012	08/02/2012	LB14	20	8	1.054,80
Jumlah			14 titik	550	112	29.007,00

Lampiran 3. Tabel Pekerjaan Bor dan Grouting di Lokasi Pembangunan Gedung Tiga Lantai SMK Teuku Umar (PT. Selimut Bumi Adhi Cipta, 2012)