

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS KAPASITAS DUKUNG METODE MAYERHOFF DAN PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG TERHADAP VARIASI DIMENSI (*ANALYSIS OF THE BEARING CAPACITY OF THE MAYERHOFF METHOD AND SETTLEMENT OF PILE FOUNDATIONS ON DIMENSIONAL VARIATIONS*)**

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas  
Gadjah Mada)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Achmad Naufal Kadarusman  
16511084**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2021**

## TUGAS AKHIR

# ANALISIS KAPASITAS DUKUNG METODE MAYERHOFF DAN PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG TERHADAP VARIASI DIMENSI (*ANALYSIS OF THE BEARING CAPACITY OF THE MAYERHOFF METHOD AND SETTLEMENT OF PILE FOUNDATIONS ON DIMENSIONAL VARIATIONS*) (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada)

Disusun oleh

**Achmad Naufal Kadarusman**

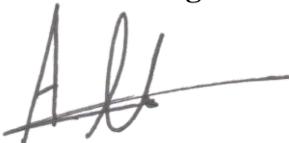
**16511084**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 2 November 2021

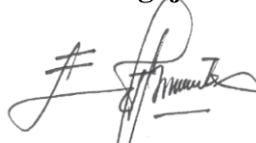
Oleh Dewan Penguji:

**Pembimbing I**



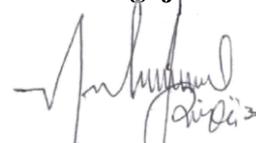
**Ir. Akhmad Marzuko, M.T.**  
NIK: 885110107

**Penguji I**



**Edy Purwanto, Dr. Ir., CES., DEA.**  
NIK: 855110101

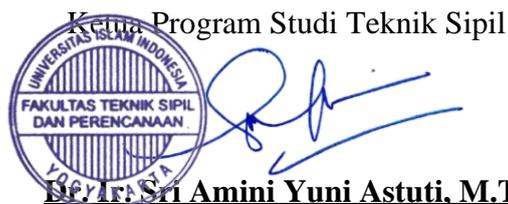
**Penguji II**



**M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng.**  
NIK: 135111101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.**  
NIK: 885110101

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 2 November 2021

Yang membuat pernyataan,



Achmad Naufal Kadarusman  
(16511084)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi Penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Praktik Kerja ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada saya selama penyusunan Tugas Akhir maupun selama masa perkuliahan.
2. Bapak Edy Purwanto, Dr.Ir.,CES.,DEA. selaku dosen penguji 1 dan Bapak M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji 2.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Orang tua tercinta Bapak Adam Kadarusman dan Ibu Siti Fatmawati yang tidak hentinya memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan di setiap langkah saya dalam menuntut ilmu.
5. Kakak tercinta Kurniawati Kadarusman yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman saya Mamus, Rhesnu, dan Hoga yang telah membantu saya ketika ada yang kurang dipahami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Amartya, Yumi, Aya, Vyanda, Koko, Bagas, Aryo, Aul, Adit, Bagus, Fauzi, Kiko, Haikal yang selalu ada memberi motivasi, semangat, dan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya.

Yogyakarta, 2 November 2021

Achmad Naufal Kadarusman  
16511084

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| Halaman Judul  | i    |
| Halaman Pengesahan   | ii   |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI  | iii  |
| KATA PENGANTAR   | iv   |
| DAFTAR ISI   | vi   |
| DAFTAR TABEL   | viii |
| DAFTAR GAMBAR  | ix   |
| DAFTAR LAMPIRAN  | xi   |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN                                      | xi   |
| ABSTRAK  | xiv  |
| <i>ABSTRACT</i>  | xv   |
| BAB I PENDAHULUAN  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang   | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah  | 2    |
| 1.3 Tujuan Penelitian  | 3    |
| 1.4 Batasan Penelitian   | 3    |
| 1.5 Manfaat Penelitian   | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA  | 6    |
| 2.1 Kapasitas Dukung Tiang Pancang                               | 6    |
| 2.1.1 Metode Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang             | 6    |
| 2.1.2 Penurunan Pondasi  | 6    |
| 2.2 Penelitian Sebelumnya  | 7    |
| 2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Penulis | 9    |
| BAB III LANDASAN TEORI   | 15   |
| 3.1 Kapasitas Dukung   | 15   |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.1 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dari Data Sondir Metode<br><i>Mayerhoff</i> | 15 |
| 3.1.2 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dari Data SPT Metode<br><i>Mayerhoff</i>    | 16 |
| 3.1.3 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang  | 17 |
| 3.2 Penurunan Pondasi  | 20 |
| 3.2.1 Penurunan Tiang Tunggal  | 21 |
| 3.2.2 Penurunan Kelompok Tiang   | 21 |
| 3.2.3 Penurunan Izin Pondasi   | 22 |
| 3.3 Analisis Pembebanan <i>SAP2000</i>   | 23 |
| 3.3.1 Pembebanan   | 24 |
| <b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>  | 25 |
| 4.1 Metode Penelitian  | 25 |
| 4.2 Teknik Pengumpulan Data  | 26 |
| 4.3 Metode Analisis  | 26 |
| 4.4 Pelaksanaan Penelitian   | 27 |
| <b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>   | 30 |
| 5.1 Data Gedung  | 30 |
| 5.1.1 Data Umum  | 30 |
| 5.1.2 Spesifikasi Material   | 31 |
| 5.1.3 Denah Konstruksi   | 31 |
| 5.1.4 Data Struktur  | 32 |
| 5.2 Pembebanan Menggunakan Program <i>SAP2000</i>                                | 32 |
| 5.3 Analisis Pondasi Tiang Pancang   | 34 |
| 5.3.1 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang                                     | 34 |
| 5.3.1.1 Menghitung Kapasitas Dukung dari Data Sondir                             | 34 |
| 5.3.1.2 Menghitung Kapasitas Dukung dari Data SPT                                | 43 |
| 5.3.2 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Bor Kondisi <i>Existing</i>                 | 62 |
| 5.3.3 Penurunan Pondasi Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang                         | 71 |

|  |    |
|--|----|
| 5.3.3.1 Penurunn Pondasi Tiang Bor Kondisi <i>Existing</i>   | 77 |
| 5.3.3.2 Penurunan yang Diizinkan                             | 79 |
| 5.3.4 Analisis Distribusi Beban ke Tiap Tiang Beban          | 82 |
| 5.3.5 Analisis Kekuatan Tiang Pancang                        | 84 |
| 5.4 Pembahasan   | 84 |
| 5.4.1 Hasil Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal  | 85 |
| 5.4.2 Hasil Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Kelompok Tiang | 86 |
| 5.4.3 Hasil Penurunan Pondasi Tiang Pancang                  | 88 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN                                  | 90 |
| 6.1 Kesimpulan   | 90 |
| 6.2 Saran  | 91 |
| DAFTAR PUSTAKA   | 92 |
| LAMPIRAN   | 94 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Penulis     | 9  |
| Tabel 5.1 Nilai Tahanan Ujung Sondir (qc) dan JHL (TF) Pada Titik S-20  | 35 |
| Tabel 5.2 Rekapitulasi Kapasitas Dukung Ultimit Pondasi Tiang Tunggal   | 85 |
| Tabel 5.3 Rekapitulasi Kapasitas Dukung Pondasi Kelompok Tiang          | 87 |
| Tabel 5.4 Rekapitulasi Nilai Penurunan Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang | 88 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 3.1 Formasi Kelompok Tiang  | 18 |
| Gambar 3.2 Jarak Antar Tiang   | 19 |
| Gambar 3.2 Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar pada Perioda Pendek (Ss) | 26 |
| Gambar 3.3 Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar pada Perioda Pendek (S1) | 26 |
| Gambar 3.4 Respon Spektrum Gempa Wilayah 3                               | 27 |
| Gambar 4.1 Bagan Alir Pembebanan dengan Program <i>SAP2000</i>           | 28 |
| Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Pelaksanaan Penelitian                      | 29 |
| Gambar 5.1 Lokasi Proyek Gedung Fakultas Vokasi (TILC) UGM               | 30 |
| Gambar 5.2 Denah Lantai 1 Gedung Fakultas Vokasi (TILC) UGM              | 31 |
| Gambar 5.3 Portal 3D Arah X Gedung Vokasi (TILC) UGM                     | 33 |
| Gambar 5.4 Gambar Frame 2400 yang Ditinjau                               | 33 |
| Gambar 5.5 Desain Pondasi Tiang Pancang                                  | 34 |
| Gambar 5.6 Grafik Uji Sondir Terhadap Posisi Tiang Diameter 0,4 m        | 38 |
| Gambar 5.7 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,4 m Data Sondir              | 41 |
| Gambar 5.8 Grafik Uji Sondir Terhadap Posisi Tiang Diameter 0,6 m        | 42 |
| Gambar 5.9 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,6 m Data Sondir              | 45 |
| Gambar 5.10 Grafik Uji Sondir Terhadap Posisi Tiang Diameter 0,8 m       | 46 |
| Gambar 5.11 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,8 m Data Sondir             | 49 |
| Gambar 5.12 Posisi Tiang Terhadap Data N-SPT Diameter 0,4 m              | 50 |
| Gambar 5.13 Posisi Tiang Terhadap Grafik SPT Diameter 0,4 m              | 51 |
| Gambar 5.14 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,4 m Data SPT                | 54 |
| Gambar 5.15 Posisi Tiang Terhadap Data N-SPT Diameter 0,6 m              | 55 |
| Gambar 5.16 Posisi Tiang Terhadap Grafik SPT Diameter 0,6 m              | 55 |
| Gambar 5.17 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,6 m Data SPT                | 58 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 5.18 Posisi Tiang Terhadap Data N-SPT Diameter 0,8 m                                   | 59 |
| Gambar 5.19 Posisi Tiang Terhadap Grafik SPT Diameter 0,8 m                                   | 59 |
| Gambar 5.20 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,8 m Data SPT                                     | 62 |
| Gambar 5.21 Grafik Uji Sondir Terhadap Posisi Tiang Diameter 0,8 m Kondisi<br><i>Existing</i> | 63 |
| Gambar 5.22 Susunan Tiang Bor Diameter 0,8 m Data Sondir Kondisi <i>Existing</i>              | 66 |
| Gambar 5.23 Posisi Tiang Terhadap Data N-SPT Diameter 0,8 m Kondisi <i>Existing</i>           | 67 |
| Gambar 5.24 Posisi Tiang Terhadap Grafik SPT Diameter 0,8 m Kondisi <i>Existing</i>           | 68 |
| Gambar 5.25 Susunan Tiang Bor Diameter 0,8 m Data SPT Kondisi <i>Existing</i>                 | 70 |
| Gambar 5.26 Hasil dan Perbandingan Kapasitas Dukung Ultimit Pondasi Tiang<br>Tunggal          | 86 |
| Gambar 5.27 Hasil dan Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Kelompok Tiang                    | 87 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran 1 Data Tanah                      | 95  |
| Lampiran 2 Hasil Pembebanan <i>SAP2000</i> | 107 |

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

|                |   |
|----------------|---|
| $A_p$          | = luas penampang tiang                                    |
| $B_g$          | = lebar kelompok tiang                                    |
| $D$            | = diameter tiang  |
| $D$            | = beban mati  |
| $E_g$          | = efisiensi kelompok tiang                                |
| $E_p$          | = modulus elastisitas tiang                               |
| JHL            | = jumlah hambatan lekat                                   |
| $K$            | = keliling tiang  |
| $L$            | = panjang tiang   |
| $L$            | = beban hidup   |
| $L_i$          | = panjang lapisan tanah                                   |
| $m$            | = jumlah baris tiang                                      |
| $n$            | = jumlah tiang  |
| $n'$           | = jumlah tiang dalam satu baris                           |
| $N_b$          | = nilai SPT rata-rata pada elevasi tiang pancang          |
| $N_1$          | = nilai SPT pada kedalaman $4D$ dari ujung tiang ke bawah |
| $N_2$          | = nilai SPT pada kedalaman $8D$ dari ujung tiang ke atas  |
| $N\text{-SPT}$ | = nilai rata-rata SPT sepanjang tiang                     |
| $P$            | = beban yang bekerja                                      |
| $q_c$          | = tahanan ujung sondir                                    |
| $Q_g$          | = beban kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan      |
| $Q_{izin}$     | = kapasitas daya dukung ijin                              |
| $Q_p$          | = daya dukung <i>ultimate</i>                             |
| $Q_s$          | = daya dukung selimut tiang                               |

|                |                                       |
|----------------|---------------------------------------|
| $Q_{ultimate}$ | = kapasitas daya dukung tiang tunggal |
| $RSX$          | = beban gempa arah x                  |
| $RSY$          | = beban gempa arah y                  |
| $S$            | = penurunan pondasi tiang tunggal     |
| $s$            | = jarak pusat ke pusat tiang          |
| $SF$           | = <i>safety factor</i>                |
| $S_g$          | = penurunan pondasi kelompok tiang    |
| $S_{izin}$     | = penurunan yang diizinkan            |
| $W_p$          | = berat tiang                         |
| $\theta$       | = arc tg D/S (dalam derajat)          |

## ABSTRAK

Pondasi merupakan bagian dari struktur bawah konstruksi yang akan menyalurkan beban yang terjadi pada struktur atas kedalam lapisan tanah keras, sehingga dapat memikul beban konstruksi tersebut. Untuk menentukan jenis pondasi yang digunakan dalam bangunan konstruksi harus mengetahui jenis dan karakteristik tanah terlebih dahulu, agar tidak terjadi kegagalan konstruksi. Untuk pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada kondisi *existing* jenis tanah pasir dan digunakan jenis pondasi tiang bor dengan panjang tiang 12 m dan diameter tiang sebesar 0,8 m.

Jenis pondasi yang akan digunakan dalam analisis yaitu pondasi tiang pancang dengan panjang tiang 12 m dan diameter tiang sebesar 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m. Untuk perhitungan analisis menggunakan data uji Sondir dan SPT yang diperoleh dari PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM. Metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung yaitu metode *Mayerhoff* dan untuk penurunan pondasi tiang tunggal menggunakan metode empiris, serta penurunan kelompok tiang menggunakan metode *Vesic* (1977).

Hasil dari analisis diperoleh nilai kapasitas dukung ultimit pondasi tiang tunggal ( $Q_u$ ) dan kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) dari data Sondir dan SPT. Nilai kapasitas dukung ultimit pondasi tiang tunggal ( $Q_u$ ) pada diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, dan kondisi *existing* 0,8 m diperoleh nilai sebesar 260,081 Ton, 474,500 Ton, 924,395 Ton, dan 924,395 Ton. Kemudian dari data SPT diperoleh nilai sebesar 484,191 Ton, 953,350 Ton, 1573,293 Ton, dan 1573,293 Ton. Nilai kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) dari data Sondir diameter 0,4 m diperoleh sebesar 1431,86, sedangkan untuk hasil dari data SPT diperoleh nilai dari diameter 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, dan kondisi *existing* 0,8 m masing-masing nilainya sebesar 1420,002 Ton, 1548,200 Ton, 1529,865 Ton, dan 1844,523 Ton. Hasil kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) dari kedua data tersebut memenuhi syarat yaitu lebih dari beban aksial ( $P$ ) sebesar 1412,566 Ton. Nilai penurunan kelompok tiang berdasarkan data Sondir untuk diameter 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, dan kondisi *existing* 0,8 m masing-masing penurunannya sebesar 0,243 m, 0,123 m, 0,051 m, dan 0,036 m. Sedangkan dari data SPT masing-masing sebesar 0,178 m, 0,069 m, 0,047 m, dan 0,047 m. Maka yang paling aman untuk digunakan yaitu tiang dengan diameter 0,8 m dari data SPT dengan nilai kapasitas dukung 1529,865 Ton, penurunan pondasi sebesar 0,047 m yang merupakan nilai penurunan pondasi paling kecil dan jumlah tiang 3 buah.

Kata kunci : pondasi taing pancang, kapasitas daya dukung metode *Mayerhoff*, penurunan pondasi,

## **ABSTRACT**

*The foundation is part of the structure under construction that will distribute the load that occurs on the upper structure into the hard soil layer, so that it can carry the load of the construction. To determine the type of foundation used in construction buildings, it is necessary to know the type and characteristics of the soil first, so that construction failure does not occur. For the construction of the Vocational Faculty (TILC) building, Gadjah Mada University, the existing condition was sandy soil type and a drill pile foundation was used with a pile length of 12 m and a pile diameter of 0.8 m.*

*The type of foundation that will be used in the analysis is a pile foundation with a pile length of 12 m and a pile diameter of 0.4 m, 0.6 m, and 0.8 m. For the calculation of the analysis using Sondir test data and SPT obtained from PT. PP Persero G2 UGM TILC Building Project. The method used to calculate the bearing capacity is the Mayerhoff method and for the settlement of single pile foundations using the empirical method, and the settlement of pile groups using the Vesic method (1977).*

*The results of the analysis obtained the value of the ultimate bearing capacity of single pile foundations ( $Q_u$ ) and the bearing capacity of pile group foundations ( $Q_g$ ) from Sondir and SPT data. The value of the ultimate bearing capacity of single pile foundations ( $Q_u$ ) at pile diameters of 0.4 m, 0.6 m, 0.8 m, and the existing condition 0.8 m obtained values of 260,081 Tons, 474,500 Tons, 924,395 Tons, and 924,395 Tons. . Then from the SPT data obtained values of 484,191 tons, 953,350 tons, 1573,293 tons, and 1573,293 tons. The value of the bearing capacity of the pile group foundation ( $Q_g$ ) from the Sondir data with a diameter of 0.4 m was obtained at 1431.86, while the results from the SPT data obtained values for a diameter of 0.4 m, 0.6 m, 0.8 m, and conditions existing 0.8 m with each value of 1420.002 Tons, 1548,200 Tons, 1529,865 Tons, and 1844,523 Tons. The results of the bearing capacity of the pile group foundation ( $Q_g$ ) from the two data meet the requirements, namely more than the axial load ( $P$ ) of 1412,566 tons. The value of the decline in the pile group based on Sondir data for diameters of 0.4 m, 0.6 m, 0.8 m, and the existing condition 0.8 m decreased by 0.243 m, 0.123 m, 0.051 m, and 0.036 m, respectively. Meanwhile, the SPT data are 0.178 m, 0.069 m, 0.047 m, and 0.047 m, respectively. So the safest to use is a pile with a diameter of 0.8 m from SPT data with a carrying capacity value of 1529.865 Tons, a foundation settlement of 0.047 m which is the smallest foundation settlement value and the number of piles is 3 pieces.*

**Kata kunci :** *pile foundation, Mayerhoff method bearing capacity, foundation settlement*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Keberadaan suatu konstruksi bangunan tidak lepas dari daya dukung pondasi yang kuat. Faktor daya dukung pondasi tentu sangat penting dalam suatu konstruksi teknik sipil seperti gedung, jembatan, dan sebagainya. Pada kenyataannya, masih ditemukan di lapangan jenis serta daya dukung pondasi yang kurang tepat, pada akhirnya dapat mengakibatkan kegagalan konstruksi.

Seiring dengan berkembangnya zaman, semakin banyak bangunan gedung bertingkat yang digunakan untuk fasilitas umum seperti Rumah Sakit, Universitas maupun rumah hunian pribadi, sehingga daya dukung pondasi harus dipertimbangkan dengan teliti dan akurat agar pondasi tersebut mampu berjalan sesuai fungsinya yaitu untuk menahan beban bangunan sampai batas keamanan yang telah ditentukan.

Pondasi merupakan bagian dari struktur bawah konstruksi yang akan menyalurkan beban yang terjadi pada struktur atas kedalam lapisan tanah keras, sehingga dapat memikul beban konstruksi tersebut. Untuk menentukan jenis pondasi yang digunakan dalam bangunan konstruksi harus mengetahui jenis dan karakteristik tanah terlebih dahulu, agar tidak terjadi kegagalan konstruksi.

Secara umum pondasi sebagai struktur bawah terdiri dari dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Jenis pondasi dangkal tidak membutuhkan

galian tanah terlalu dalam karena lapisan tanah dangkal sudah cukup keras, biasanya digunakan pada konstruksi yang mempunyai beban ringan dengan kondisi tanah cukup baik, misalnya pada bangunan rumah sederhana. Untuk jenis pondasi dalam dibutuhkan pengeboran atau pemancangan dalam dikarenakan lapisan tanah yang keras berada di kedalaman cukup dalam, biasanya digunakan pada konstruksi yang mempunyai beban berat seperti jembatan, dan sebagainya.

Penyelidikan karakteristik atau jenis tanah di lapangan perlu dilakukan, setelah dilakukan penyelidikan serta analisis karakteristik jenis tanah dan analisis struktur atas, hasil yang diperoleh jenis tanah di lapangan adalah pasir berbutir sedang. Hasil penyelidikan dan analisis tersebut pada pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada dapat digunakan pondasi tiang pancang. Maka dari itu Penulis ingin menganalisis atau perencanaan ulang pondasi menggunakan tiang pancang yang berbeda dengan yang digunakan jenis pondasi di lapangan yaitu *bore pile*. Hal lain yang menjadi alasan atau dasar pertimbangan penulis untuk menggunakan jenis tiang pancang adalah :

1. tidak adanya masalah dengan muka air dangkal dilapangan,
2. untuk mengetahui nilai daya dukung menggunakan tiang pancang,
3. dapat memadatkan tanah pasir, maka dari itu kapasitas daya dukung tanah akan bertambah,
4. nilai daya dukung dapat diketahui dan diperkirakan dengan menggunakan rumus sehingga pelaksanaan konstruksi dapat dengan mudah diawasi.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Analisis Kapasitas Dukung Metode Mayerhoff dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Terhadap Variasi Dimensi”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah dalam analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada sebagai berikut ini.

1. Bagaimana kapasitas dukung dan penurunan pondasi tiang pancang dengan variasi dimensi pada proyek Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada?
2. Bagaimana kapasitas dukung dan penurunan pondasi *bore pile* pada kondisi *existing* proyek Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian dari analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada sebagai berikut ini.

1. Mengetahui kapasitas dukung dan penurunan pondasi tiang pancang dengan variasi dimensi pada proyek Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada.
2. Mengetahui kapasitas dukung dan penurunan pondasi *bore pile* pada kondisi *existing* proyek Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada.

### **1.4 Batasan Penelitian**

Batasan penelitian yang dilakukan oleh penulis sebagai pedoman untuk mencapai tujuan yakni :

1. lokasi penelitian adalah proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada yang terletak di Kampus terpadu Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta,
2. jenis tanah pada lokasi penelitian adalah tanah pasir,
3. jenis pondasi yang digunakan pada lokasi penelitian adalah *bore pile*,
4. jenis pondasi yang akan digunakan oleh Penulis dalam menganalisis adalah tiang pancang,
5. diameter yang digunakan pada lokasi penelitian adalah 0,8 m,
6. diameter yang akan digunakan oleh Penulis dalam menganalisis adalah 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m,

7. panjang tiang pondasi yang akan digunakan oleh Penulis dalam menganalisis adalah 12 m,
8. data yang akan digunakan oleh Penulis dalam menganalisis adalah data uji Sondir dan SPT yang diperoleh dari PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM,
9. titik yang ditinjau Penulis dalam menganalisis adalah frame titik 2400,
10. beban pondasi yang akan digunakan oleh Penulis dalam menganalisis adalah 1412,566 Ton diperoleh dari analisis pembebanan menggunakan *software SAP2000*,
11. *safety factor* (angka aman) yang digunakan pada lokasi penelitian adalah 2,5, dan
12. *safety factor* (angka aman) yang digunakan oleh Penulis dalam menganalisis adalah 3.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada sebagai berikut ini.

1. Untuk menambah pengetahuan kepada pembaca terkait daya dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan metode *Mayerhoff*.
2. Untuk menambah pengetahuan kepada pembaca terkait penurunan pondasi dengan menggunakan metode Vesic (1977).
3. Untuk referensi bagi penelitian berikutnya, sehingga dapat membantu serta mengembangkan penelitian mengenai daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan Pustaka adalah kerangka teoritis yang menjadi acuan atau landasan pemikiran serta guna mempertajam konsep yang digunakan berisi penelitian sebelumnya untuk menghindari duplikasi. Pada penelitian yang akan dilakukan, mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yakni mengenai analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang. Sehingga akan menjadi pertimbangan serta masukan dalam penelitian ini. Akan tetapi penelitian-penelitian sebelumnya tidak memiliki kesamaan dengan penelitian ini.

#### **2.1 Kapasitas Dukung Tiang Pancang**

##### **2.1.1 Metode Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang**

Dalam menghitung atau menganalisis kapasitas dukung tiang pancang terdapat beberapa metode seperti metode Aoki dan De Alencar, Bagemann, deRuitter dan Beringen, *Mayerhoff* (1956), *Mayerhoff* (1976),  $\alpha$ , *E.E.De Beer* dan *Tromfimenkove* Tomlinson (1977), Schmertmann dan Nottingham. Dari beberapa metode tersebut diperlukan pertimbangan dalam menggunakannya. Misalnya analisis kapasitas dukung berdasarkan data lapangan seperti data uji sondir (CPT), hasil yang lebih direkomendasikan adalah dengan menggunakan metode *Mayerhoff*, Bagemann, *E.E.De Beer* dan *Tromfimenkove* karena hasil analisis yang dihasilkan lebih realistis.

##### **2.1.2 Penurunan Pondasi**

Akibat dari beban yang bekerja pada struktur di atas pondasi, maka tiang pondasi akan mengalami penurunan. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam menghitung penurunan pondasi. Untuk jenis tanah pasir dapat menggunakan metode Vesic (1977), *Mayerhoff* (1976). Metode *Mayerhoff* (1976) dapat dihitung berdasarkan data uji sondir (CPT) dan SPT.

## 2.2 Penelitian Sebelumnya

Dwi Prahastini (2010), melakukan analisis daya dukung pondasi tiang pancang kelompok pada proyek Gedung DPRD Sumatera Utara, Medan. Kapasitas daya dukung kelompok tiang dihitung berdasarkan nilai efisiensi dengan menghitung daya dukung tiang. Untuk menghitung daya dukung tiang digunakan data lapangan dan uji laboratorium seperti data sondir, SPT dan bacaan manometer pada alat *hydraulic jack system*. Untuk hasil dari data sondir daya dukung ultimate kedalaman 21 m menggunakan metode Aoki dan De Alencar hasilnya adalah titik ke-1 nilai *Qultimate* sebesar 260,62 ton. Sedangkan untuk titik-2 nilai *Qultimate* sebesar 251,31 ton. Kemudian perhitungan dengan menggunakan metode *Mayerhoff*, untuk titik ke-1 nilai *Qultimate* sebesar 455,30 ton dan titik ke-2 hasil perhitungan dengan nilai *Qultimate* sebesar 494,55 ton. Dari data SPT dengan menggunakan metode *Mayerhoff*, hasil dari titik ke-1 nilai *Qultimate* sebesar 230,65 ton. Sedangkan untuk titik ke-2 nilai *Qultimate* sebesar 228,54 ton. Dan dari data *Daily Piling Record* untuk pembacaan manometer saat pemancangan diperoleh *Qultimate* sebesar 327,87 ton.

Sultan Ansyari Utama (2013), melakukan penelitian daya dukung tiang pancang pada pembangunan *switchyard* PLTU Pangkalan Susu, Sumatera Utara. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung tiang dari data Sondir, *Standart Penetration Test*, Kalendering dan *Loading Test*, dan membandingkan hasil daya dukung tiang dari beberapa metode pada tiang tunggal. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil daya dukung pondasi dengan menggunakan metode Aoki dan De Alencar, dan metode Meyerhof. Dari data sondir dengan menggunakan metode Aoki dan De Alencar diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 115,640 ton, sedangkan dengan perhitungan dengan menggunakan metode *Meyerhoff* diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 280,339 ton. Untuk perhitungan data SPT dengan menggunakan metode *Meyerhoff* diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 198,287 ton. Kemudian dari data kalendering dengan menggunakan metode Danish Formula diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 123,337 ton. Untuk perhitungan menggunakan data kalendering dengan metode Modifield New ENR diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 133,131 ton. Dan untuk perhitungan dari pembacaan *loading test* dengan menggunakan metode

Davisson diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 124,0 ton, sedangkan menggunakan metode Mazurkiewicz diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 216,0 ton. Dari semua perhitungan daya dukung tiang, lebih aman menggunakan perhitungan menggunakan data *loading test*, hal tersebut dikarenakan hasilnya lebih aktual.

Andi Yusti (2014), melakukan analisis daya dukung pondasi tiang pancang diverifikasi dari hasil uji *pile driving analyzer test* dan *capwap*. Analisis tersebut menggunakan metode Bagemann, deRuiter dan Beringen, *Mayerhoff* (1976), *Mayerhoff* (1956),  $\alpha$ , Tomlinson (1977). Dari metode-metode tersebut digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data pengujian CPT dan SPT, dan untuk numeris yaitu analisis dengan metode elemen hingga menggunakan program Plaxis 2D V.8. Hasil diperoleh hasil dengan nilai *Qultimate* sebesar 128,298 ton dengan berbanding 118 ton, kemudian untuk titik BH1 diperoleh sebesar 102 ton. Dan untuk titik BH2 diperoleh hasil *Qultimate* sebesar 118,679 ton dengan berbanding 165 ton, dan 163 ton.

Andri Sapora Ginting (2013), melakukan penelitian daya dukung pondasi tiang pancang dengan sistem hidrolis untuk proyek pembangunan Gedung Perpustakaan Universitas Negeri Medan. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk menghitung daya dukung tiang dari hasil pengujian sondir, *Standard Penetration Test* (SPT) dan pembacaan manometer alat *hydraulic jack system*. Hasil dari penelitian tersebut dengan menggunakan metode Aoki dan DeAlencar, dan metode *Mayerhoff*. Dari perhitungan menggunakan data sondir dan metode Aoki dan De Alencar diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 182,017 ton, kemudian dengan menggunakan *Mayerhoff* diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 274,258 ton. Sedangkan dengan menggunakan data SPT diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 190,74 ton. Untuk data pembacaan alat *hydraulic jack* diperoleh nilai *Qultimate* sebesar 203,152 ton.

Astrya Simalango (2017), telah melakukan penelitian pada proyek pembangunan bendung Bajayu Sei Padang, Kabupaten Serdang Bedagai. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu mengetahui nilai daya dukung aksial perencanaan pondasi tiang pancang dengan menggunakan data SPT, sondir, dan metode perhitungan *Mayerhoff* serta berdasarkan data *PDA*, Kalenderin, kemudian dengan Metode elemen

hingga. Selain itu perhitungan daya dukung lateral menggunakan metode Broms dan menghitung penurunan elastis tiang pancang yang terjadi serta menghitung efisiensi dan daya dukung kelompok tiang. Hasil penelitian tersebut diperoleh daya dukung ultimit tiang dengan menggunakan data SPT titik *Bore Hole* II kedalaman 18 m diperoleh sebesar 107,610 ton. Kemudian untuk data sondir diperoleh sebesar 264,949 ton untuk kedalaman 14.4 . Sedangkan hasil perhitungan *PDA* pada tubuh bendung diperoleh nilai daya dukung ultimit sebesar 108 ton. Dan perhitungan dengan data Kalendering menggunakan metode Hiley diperoleh daya dukung ultimit sebesar 198,343 ton, sedangkan dengan menggunakan metode *ENR* diperoleh nilai daya dukung ultimit sebesar 105,032 ton, dan menggunakan metode Danish Formula diperoleh sebesar 273,377 ton. Untuk hasil analisis dengan menggunakan metode elemen hingga diperoleh nilai daya dukung ultimit sebesar 120,436 ton. Kemudian nilai daya dukung lateral ultimit dengan menggunakan metode Broms dengan cara analitis diperoleh sebesar 8,555 ton, sedangkan secara grafis diperoleh sebesar 8,930 ton. Untuk perhitungan penurunan elastis tunggal diperoleh nilai sebesar 2,540 mm, sedangkan dengan menggunakan metode Poulos dan Davis diperoleh nilai sebesar 7,340 mm. Dan untuk perhitungan penurunan menggunakan metode elemen hingga diperoleh sebesar 38,690 mm, sedangkan dari tes *PDA* nilai penurunan pondasi diperoleh sebesar 26 mm.

### **2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Penulis**

Penelitian yang akan dilakukan oleh penulis sekarang yakni tentang kapasitas dukung dan penurunan pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kapasitas daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) UGM. Sampai saat ini belum ada yang melakukan atau menganalisis kapasitas dukung dan penurunan pondasi pada bangunan tersebut. Metode yang akan digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung yakni metode *Meyerhoff* (1976) dan penurunan pondasi dengan menggunakan metode *Vesic* (1977). Untuk melihat perbandingan penelitian

sebelumnya dengan penelitian yang akan Penulis lakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Penulis**

| Aspek         | Peneliti Terdahulu  |  |  |  |   | Peneliti Sekarang   |
|---------------|---|--|--|--|---|---|
|               | Dwi Prahastini, (2010)  | Sultan Ansyari Utama, (2013)   | Andi Yusti, (2014)   | Andri Sapora Ginting, (2013)   | Astrya Simalango, (2017)  | Penulis, (2020)   |
| Judul         | Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Kelompok Pada Proyek Pembangunan Gedung DPRD Sumatera Utara Medan | Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan <i>Switchyard</i> di Kawasan PLTU Pangkalan Susu-Sumatera Utara | Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji <i>Pile Driving Analyzer Test</i> dan <i>Capwap</i> | Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Sistem Hidrolis Pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Universitas Negeri Medan | Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang pancang dengan Metode Analitis dana Metode Elemen Hingga Pada Bore Hole II (Study Kasus Pembangunan Bendung Bejayu Sei Padang Kabupaten Serdang Bedagai Sumatera Utara | Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada |
| Jenis Pondasi | Tiang Pancang   | Tiang Pancang  | Tiang Pancang  | Tiang Pancang  | Tiang Pancang   | Tiang Pancang   |

| Aspek             | Peneliti Terdahulu   |   |  |  |  | Peneliti Sekarang   |
|-------------------|--|---|--|--|--|---|
|                   | Dwi Prahastini, (2010)   | Sultan Ansyari Utama, (2013)  | Andi Yusti, (2014)   | Andri Sapora Ginting, (2013)   | Astrya Simalango, (2017)   | Penulis, (2020)   |
| Metode            | Mayerhoff  | Aoki dan De Alencar, dan metode Mayerhoff   | Bagemann, deRuijter dan Beringen, <i>Mayerhoff</i> (1976), <i>Mayerhoff</i> (1956), $\alpha$ , Tomlinson (1977)  | Aoki dan DeAlencar, dan metode Mayerhoff   | Mayerhoff  | Mayerhoff   |
| Tujuan Penelitian | Menghitung dan menganalisis daya dukung tiang pancang kelompok pada proyek pembangunan gedung kantor DPRD Sumatera Utara | Menghitung daya dukung tiang dari hasil Sondir, <i>Standard Penetration Test</i> (SPT), Kalendering dan <i>Loading Test</i> , serta membandingkan hasil daya dukung tiang dari beberapa | Menganalisis dan membandingkan daya dukung pondasi tiang tunggal secara analitis dan numeris dengan pengujian dinamik tes di lapangan atau <i>Pile Driving Analyzer</i> (PDA) dan CAPWAP | Menghitung daya dukung tiang dari hasil sondir, <i>Standard Penetration Test</i> (SPT) dan bacaan manometer pada alat <i>hydraulic jack system</i> | Mencari nilai daya dukung aksial perencanaan pondasi tiang pancang berdasarkan data <i>Standard Penetration Test</i> (SPT), sondir | Menghitung dan menganalisis kapasitas daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang dengan metode mayerhoff |

| Aspek                | Peneliti Terdahulu                |   |  |  |  | Peneliti Sekarang                                     |
|----------------------|-----------------------------------|---|--|--|--|---|
|                      |                                   | <b>Dwi Prahastini, (2010)</b>                                   | <b>Sultan Ansyari Utama, (2013)</b><br>metode penyelidikan yang terjadi pada tiang tunggal | <b>Andi Yusti, (2014)</b>                    | <b>Andri Sapora Ginting, (2013)</b>                                | <b>Astrya Simalango, (2017)</b>                       |
| <b>Struktur Atas</b> | Gedung Kantor DPRD Sumatera Utara | <i>Switchyard</i> di Kawasan PLTU Pangkalan Susu-Sumatera Utara | Gedung Kantor Bank Sumatera Selatan Babel di Pangkalpinang                                 | Gedung Perpustakaan Universitas Negeri Medan | Bendung Bejayu Sei Padang Kabupaten Serdang Bedagai Sumatera Utara | Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada |

| Aspek                   | Peneliti Terdahulu  |  |   |   |  | Peneliti Sekarang  |
|-------------------------|---|--|---|---|--|--|
|                         | Dwi Prahastini, (2010)  | Sultan Ansyari Utama, (2013)   | Andi Yusti, (2014)  | Andri Sapora Ginting, (2013)  | Astrya Simalango, (2017)   | Penulis, (2020)  |
| <b>Hasil Penelitian</b> | Perhitungan daya dukung ultimate tiang pada kedalaman 21.00 m diperoleh, data sondir dengan menggunakan metode Aoki dan De Alencar titik-1 Qult = 260.62 ton dan titik-2 Qult = 251.31 ton, dengan metode Mayerhoff titik-1 Qult = 455.30 ton dan titik-2 Qult = 494.55 ton. Untuk data SPT menggunakan | Hasil perhitungan daya dukung pondasi dari data sondir Aoki dan De Alencar Qu=115,640 ton, dari data sondir metode Meyerhof Qu = 280,339 ton, dari data SPT metode Meyerhof Qu = 198,287 ton, dari data kalendering metode Danish Formula Qu = 123,337 ton, dari data kalendering metode Modifield New ENR | Metode Mayerhof (1956) memiliki nilai rentang paling kecil dibandingkan dengan metode-metode lainnya yang diverifikasi dengan pengujian PDA dan CAPWAP. Nilai Qu sebesar 128,298 ton berbanding 118 ton, dan 102 ton pada titik BH1. Sedangkan pada titik BH2 Qu sebesar 118,679 ton berbanding 165 ton, dan 163 ton. | Daya dukung pondasi terdapat perbedaan nilai, baik dilihat dari penggunaan metode perhitungan Aoki dan DeAlencar, serta metode Mayerhoff. Dimana dari data sondir Aoki dan De Alencar Qu = 182,017 ton, dari data sondir Mayerhoff Qu = 274,258 ton, dari data SPT Qu = 190,74 ton dan dari data bacaan alat <i>hydraulic jack</i> Qu=203,152 ton. Dari hasil perhitungan daya dukung tiang, lebih aman memakai perhitungan dari hasil data manometer pada alat <i>hydraulic jack</i> | Daya dukung ultimit tiang berdasarkan data SPT pada titik <i>Bore Hole</i> II pada kedalaman 18 meter adalah 107,610ton. Data sondir adalah 264,949 ton pada kedalaman 14.4 . Dari hasil perhitungan <i>PDA</i> pada tubuh bendung adalah 108 ton. Dari hasil perhitungan Kalendering dengan metode Hiley adalah 198,343 ton, dengan Metode <i>ENR</i> adalah 105,032 ton, dengan Metode | Hasil dari analisis diperoleh nilai kapasitas dukung ultimit pondai tiang tunggal ( $Q_u$ ) dan kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) dari data Sondir dan SPT. Nilai kapasitas dukung ultimit pondai tiang tunggal ( $Q_u$ ) pada diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, dan kondisi <i>existing</i> 0,8 m diperoleh nilai sebesar |

| Aspek | Peneliti Terdahulu  |   |                    |                              |   | Peneliti Sekarang   |
|-------|---|---|--------------------|------------------------------|---|---|
|       | Dwi Prahastini, (2010)  | Sultan Ansyari Utama, (2013)  | Andi Yusti, (2014) | Andri Sapora Ginting, (2013) | Astrya Simalango, (2017)  | Penulis, (2020)   |
|       | metode Mayerhoff titik-1 Qult = 230.65 ton dan titik-2 Qult = 228.54 ton. Dari data <i>Daily Piling Record</i> bacaan manometer saat pemancangan didapat Qult = 327.87 ton. | Qu=133,131ton, dari bacaan loading test metode Davisson Qu = 124,0 ton dan dari data loading test metode Mazurkiewicz Qu= 216,0 ton |                    | karena lebih aktual.         | Danish Formula 273,377 ton. Dari hasil perhitungan metode elemen hingga adalah 120,436 ton. Daya dukung lateral ultimit berdasarkan Metode Broms secara analitis sebesar 8,555 ton, dan secara grafis sebesar 8,930 ton. Penurunan elastis tunggal yang dihasilkan sebesar 2,540 mm dan berdasarkan Metode Poulos dan Davis sebesar 7,340 mm, penurunan dengan Metode elemen hingga | 260,081 Ton, 474,500 Ton, 924,395 Ton, dan 924,395 Ton. Kemudian dari data SPT diperoleh nilai sebesar 484,191 Ton, 953,350 Ton, 1573,293 Ton, dan 1573,293 Ton. Nilai kapasitas dukung pondasi kelompok tiang (Q <sub>g</sub> ) dari data Sondir diameter 0,4 m diperoleh sebesar 1431,86, sedangkan |

| Aspek | Peneliti Terdahulu     |                              |                    |                              |  | Peneliti Sekarang   |
|-------|------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--|---|
|       | Dwi Prahastini, (2010) | Sultan Ansyari Utama, (2013) | Andi Yusti, (2014) | Andri Sapora Ginting, (2013) | Astrya Simalango, (2017)   | Penulis, (2020)   |
|       |                        |                              |                    |                              | adalah sebesar 38,690 mm dan dari tes PDA diketahui penurunan sebesar 26 mm. | untuk hasil dari data SPT diperoleh nilai dari diameter 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, dan kondisi <i>existing</i> 0,8 m masing-masing nilainya sebesar 1420,002 Ton, 1548,200 Ton, 1529,865 Ton, dan 1844,523 Ton. Hasil kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) dari kedua data tersebut memenuhi |

| Aspek | Peneliti Terdahulu     |                              |                    |                              |                          | Peneliti Sekarang   |
|-------|------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------|---|
|       | Dwi Prahastini, (2010) | Sultan Ansyari Utama, (2013) | Andi Yusti, (2014) | Andri Sapora Ginting, (2013) | Astrya Simalango, (2017) | Penulis, (2020)   |
|       |                        |                              |                    |                              |                          | <p>syarat yaitu lebih dari beban aksial (P) sebesar 1412,566 Ton. Nilai penurunan kelompok tiang berdasarkan data Sondir untuk diameter 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, dan kondisi <i>existing</i> 0,8 m masing-masing penurunannya sebesar 0,243 m, 0,123 m, 0,051 m, dan 0,036 m. Sedangkan dari data SPT</p> |

| Aspek | Peneliti Terdahulu     |                              |                    |                              |                          | Peneliti Sekarang   |
|-------|------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------|---|
|       | Dwi Prahastini, (2010) | Sultan Ansyari Utama, (2013) | Andi Yusti, (2014) | Andri Sapora Ginting, (2013) | Astrya Simalango, (2017) | Penulis, (2020)   |
|       |                        |                              |                    |                              |                          | masing-masing sebesar 0,178 m, 0,069 m, 0,047 m, dan 0,047 m. |

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Untuk merencanakan suatu pondasi konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Dalam pemilihan tipe pondasi menurut Sardjono (1988) didasarkan atas :

1. fungsi dari struktur atas yang akan dipikul oleh pondasi,
2. seberapa besar beban dari struktur atau bangunan di atas pondasi,
3. kondisi tanah pada bangunan yang akan dibangun,
4. besarnya biaya pembuatan pondasi dibandingkan dengan struktur atau bangunan di atasnya.

#### **3.1 Kapasitas Dukung**

##### *3.1.1 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dari Data Sondir Metode Mayerhoff*

Tes sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) berperan dalam geotek. Hal tersebut dikarenakan pelaksanaan uji sondir tidak memerlukan waktu yang lama, pelaksanaannya sederhana, ekonomis serta hasil dari pengujian dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah-tanah dasar. Pengujian CPT atau sondir dapat mengklasifikasi lapisan tanah dan memperkirakan kekuatan serta karakteristik tanah. Ketika akan merencanakan pondasi tiang pancang, data tanah sangat diperlukan untuk memperoleh nilai kapasitas dukung (*bearing capacity*) dan tiang pancang sebelum membangun suatu konstruksi gedung dan lain-lain. Hal tersebut untuk menentukan kapasitas dukung ultimit dari tiang pancang. Kapasitas dukung ultimit dan dukung ijin pondasi tiang dengan menggunakan metode *Mayerhoff* dapat ditentukan dengan Persamaan 3.1 dan 3.2 berikut ini :

$$Q_{ultimate} = Q_p + Q_s \quad (3.1)$$

$$= (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot p)$$

$$Q_{izin} = \frac{Q_u}{SF} - W_p \quad (3.2)$$

keterangan :

|                |   |
|----------------|---|
| $Q_{ultimate}$ | = kapasitas daya dukung tiang (Ton)         |
| $Q_p$          | = kapasitas daya dukung ultimit (Ton)       |
| $Q_s$          | = kapasitas daya dukung selimut tiang (Ton) |
| $Q_{izin}$     | = kapasitas daya dukung izin (Ton)          |
| $q_c$          | = tahanan ujung sondir ( $kg/cm^2$ )        |
| $JHL$          | = jumlah hambatan lekat (Ton/m)             |
| $p$            | = keliling tiang (m)                        |
| $A_p$          | = luas penampang tiang ( $m^2$ )            |
| $SF$           | = <i>safety factor</i>                      |
| $W_p$          | = berat tiang                               |

### 3.1.2 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dari Data SPT Metode *Mayerhoff*

*Standart Penetration Test* (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split spoon* ke dalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah ( $\phi$ ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N).

Menghitung kapasitas dukung tiang tunggal dari data SPT memiliki dua persamaan yaitu persamaan untuk tanah kohesif dan non-kohesif. Tanah kohesif adalah jenis tanah dengan sifat kelekatan antara butir-butirnya. Sedangkan tanah non-kohesif adalah jenis tanah yang mempunyai sifat kelekatan yang sedikit atau tidak sama sekali antara butir-butirnya seperti tanah pasir.

Untuk menentukan nilai daya dukung dan tahanan geser tanah non-kohesif menggunakan metode *Mayerhoff* ditentukan dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut :

$$Q_p = 40 \cdot N_b \cdot A_p \quad (3.3)$$

keterangan :

$N_b$  = nilai N-SPT rata-rata pada elevasi dasar tiang pancang

$N_1$  = nilai SPT pada kedalaman 4D dari ujung tiang ke bawah

$N_2$  = nilai SPT pada kedalaman 8D dari ujung tiang ke atas

Namun pada penelitian Mayerhoff (1976) selanjutnya, Mayerhoff mengusulkan Persamaan 3.4 berikut.

$$Q_p = A_p \cdot (40 \cdot N_b) \cdot \left(\frac{L_b}{D}\right) \leq 400 \cdot N_b \cdot (A_p) \quad (3.4)$$

Tahanan geser selimut untuk tanah non-kohefif dapat diperoleh dengan Persamaan 3.5 berikut :

$$Q_s = 2 \cdot N\text{-SPT} \cdot p \cdot L_i \quad (3.5)$$

keterangan :

$Q_p$  = daya dukung *ultimate* (Ton)

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang (Ton)

N-SPT = nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$A_p$  = luas penampang tiang ( $m^2$ )

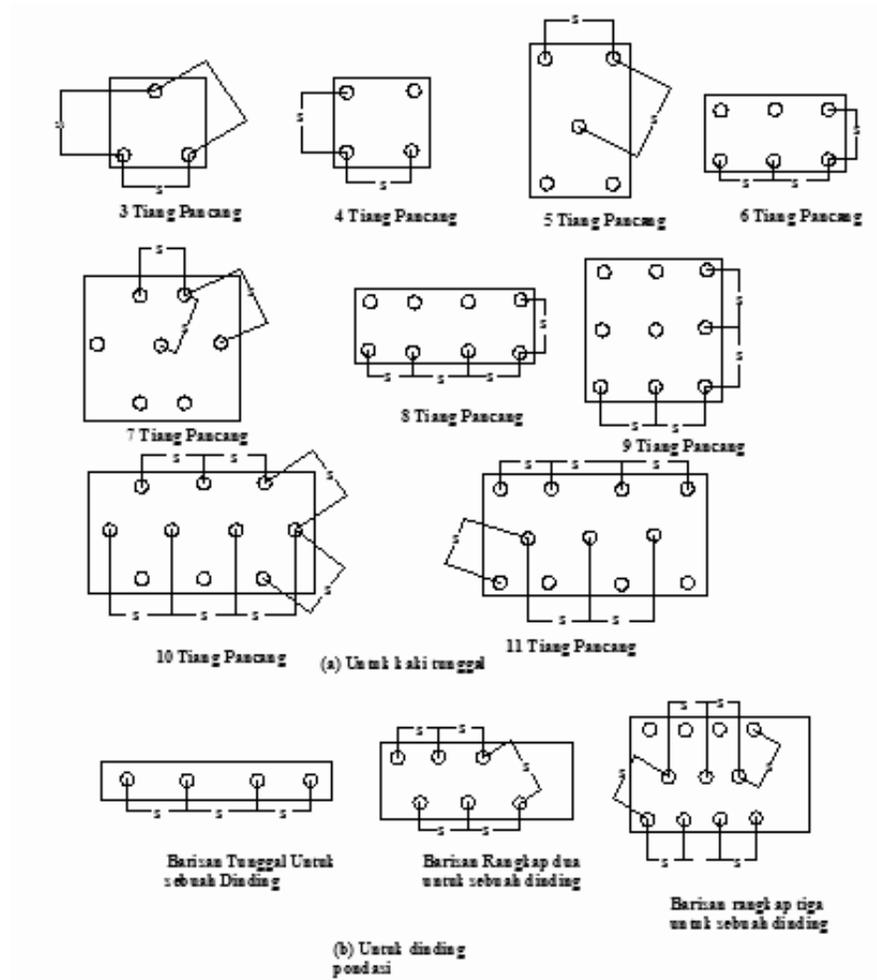
$p$  = keliling tiang (m)

$L_i$  = panjang lapisan tanah (m)

### 3.1.3 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Tiang pancang secara umum dipasang berkelompok, hal tersebut dikarenakan tiang pancang dipasang berdekatan dan menjadi satu bagian menggunakan *pile cap*. Pada umumnya ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam mencari nilai kapasitas kelompok tiang diantaranya menghitung jumlah tiang dalam satu kelompok,

menghitung jarak tiang, dan menghitung nilai efisiensi kelompok tiang. Formasi tiang dalam satu kelompok menurut Bowles, J.E., 1991 dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



**Gambar 3.1 Formasi Kelompok Tiang**

(Sumber : Bowles, J.E., 1991)

Untuk menghitung jumlah tiang dapat digunakan Persamaan 3.6 dibawah ini :

$$n = \frac{P}{Q_{izin}} \quad (3.6)$$

keterangan :

P = beban yang bekerja (ton)

$Q_{izin}$  = kapasitas daya dukung izin (ton)

Kemudian untuk menghitung jarak tiang dengan berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L dapat dilihat Persamaan 3.7 dan 3.8 berikut :

$$S \geq 2,5D \quad (3.7)$$

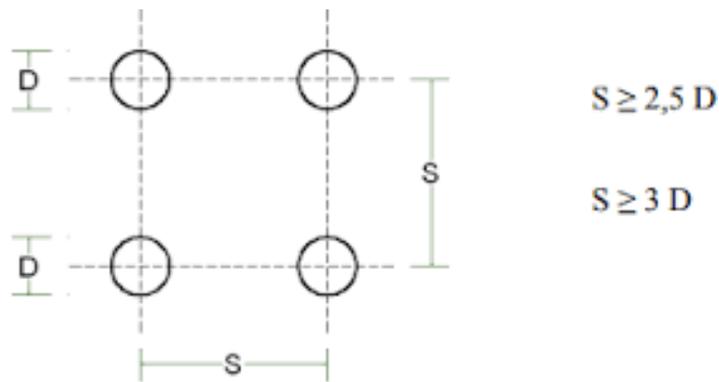
$$S \leq 3D \quad (3.8)$$

keterangan :

$S$  = jarak pusat ke pusat tiang

$D$  = diameter tiang

Jarak antar tiang berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L dalam Sardjino (1991) dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



**Gambar 3.2 Jarak Antar Tiang**

(Sumber : Sardjono, 1991)

Jarak antara 2 tiang dalam kelompok, pada dasarnya diisyaratkan minimum 0,60 m dan maksimum 2,00 m. Hal tersebut didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan berikut :

1. Bila  $S < 2,5D$

Kemungkinan tanah di sekitar kelompok tiang akan mengalami kenaikan yang berlebihan. Hal tersebut disebabkan karena tiang-tiang yang dipancang berdekatan. Kemudian tiang yang dipancang terlebih dahulu akan terangkat.

## 2. Bila $S > 3D$

Dengan jarak sebesar  $3D$ , maka hal yang akan terjadi yaitu tidak ekonomis yang disebabkan oleh besarnya ukuran dimensi pada *pile cap*.

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan Persamaan 3.9 dibawah ini :

$$Q_g = n \times Q_{izin} \times E_g \quad (3.9)$$

Nilai efisiensi tiang dapat diperoleh dari Persamaan 3.10 berikut :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n - 1)m(m - 1)n'}{90 \cdot m \cdot n'} \quad (3.10)$$

keterangan :

$Q_g$  = beban kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan (Ton)

$Q_u$  = beban maksimum tiang tunggal (Ton)

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

$m$  = jumlah baris tiang

$n'$  = jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  = arc tg  $D/S$  (dalam derajat)

$S$  = jarak pusat ke pusat tiang

$\theta$  = arc tg  $d/s$

## 3.2 Penurunan Pondasi

Ketika pondasi tiang dibebani, maka tiang mengalami pemendekan serta tanah disekitarnya akan terjadi penurunan (Hardiyatmo, 2015). Memperhitungkan penurunan pondasi sangat penting, hal tersebut guna mencegah penurunan pondasi yang berlebihan dan mencegah kegagalan struktur bangunan.

### 3.2.1 Penurunan Tiang Tunggal

Penurunan pada tiang dipengaruhi oleh mekanisme pengalihan beban, maka penyelesaiannya yaitu dengan cara perhitungan penurunan yang bersifat pendekatan. Perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal dapat diselesaikan dengan menggunakan metode empiris yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.11 berikut ini :

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \quad (3.11)$$

keterangan :

S = penurunan total di kepala tiang (m)

D = diameter tiang (m)

Q = beban yang bekerja (Ton)

A<sub>p</sub> = luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

L = panjang tiang (m)

E<sub>p</sub> = modulus elastisitas tiang (Ton/m<sup>2</sup>)

### 3.2.2 Penurunan Kelompok Tiang

Secara umum penurunan yang terjadi pada tiang kelompok akan lebih besar dibandingkan dengan pondasi tiang tunggal. Hal itu disebabkan oleh pengaruh tegangan yang terjadi pada daerah yang lebih luas serta daerah yang lebih dalam. Pada keadaan tersebut, maka menyebabkan penurunan kelompok tiang lebih besar dibandingkan dengan penurunan tiang tunggal.

Untuk perhitungan penurunan kelompok tiang dengan sifat atau jenis tanah bersifat homogen atau pasir dapat digunakan metode *Vesic* (1977). Perhitungan penurunan kelompok tiang dapat menggunakan Persamaan 3.12 berikut :

$$S_g = S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (3.12)$$

keterangan :

$S_g$  = penurunan pondasi kelompok tiang (m)

$S$  = penurunan pondasi tiang tunggal (m)

$B_g$  = lebar kelompok tiang (m)

$D$  = diameter tiang tunggal (m)

### 3.2.3 Penurunan Izin Pondasi

Marbun (2009), penurunan pondasi yang diizinkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya tinggi, jenis, kekakuan, dan fungsi bangunan serta besar dan kecepatan penurunannya. Ketika pondasi mengalami penurunan yang lambat, maka kemungkinan bangunan atau struktur tersebut dapat menyesuaikan diri dengan penurunan yang terjadi dan tidak mengalami kerusakan struktur. Maka dari itu diperlukan hubungan antara penurunan yang diizinkan dengan penurunan maksimum.

Adapun perhitungan penurunan pondasi yang diizinkan menurut *Reese & Wright* (1997) yaitu  $S_{Total} \leq S_{izin}$ . Untuk penurunan izin pondasi tiang tunggal dapat dilihat Persamaan 3.13 berikut :

$$S_{izin} = 10\% \cdot D \quad (3.13)$$

keterangan :

$D$  = diameter tiang (m)

Kemudian untuk penurunan izin pada pondasi kelompok tiang dapat dihitung dengan Persamaan 3.14 berikut :

$$S_{izin} = \frac{L}{250} \quad (3.14)$$

keterangan :

$L$  = kedalaman tiang (m)

### 3.3 Analisis Pembebanan SAP2000

Dalam dunia teknik sipil maka tidak asing dengan program *SAP2000*, program tersebut sering digunakan untuk menganalisis atau mendesain bangunan. Hal yang dapat diselesaikan menggunakan program *SAP2000* antara lain analisis struktur *truss* 2D, 3D, *grid*, serta *frame* 2D dan 3D.

Adapun langkah-langkah dalam menggunakan program *SAP2000* antara lain :

#### 1. Pemodelan struktur

Pada analisis ini struktur yang dimodelkan adalah gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada. Pemodelan tersebut dilakukan dengan aplikasi *SAP2000* dengan menyesuaikan gambar teknik yang digunakan.

#### 2. Properti material

Material yang digunakan adalah beton dengan menyesuaikan karakteristik material seperti kuat tekan beton, mutu baja, dan karakteristik lainnya..

#### 3. Penentuan penampang

Penampang yang digunakan struktur gedung yaitu balok, kolom, dan pelat, kemudian dikodefikasi dengan menyesuaikan dimensi yang sudah ada. Pada penentuan penampang dilakukan pemberian material apa yang digunakan dalam tampang tersebut.

#### 4. Pemberian nama beban dan kombinasi beban

Beban yang diinput pada struktur adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Kombinasi beban yang digunakan adalah :

- a. Combo 1 = 1,4D
- b. Combo 2 = 1,2D + 1,6L
- c. Combo 3 = 1,38D + 1L + 1RSX + 0,3RSY
- d. Combo 4 = 1,38D + 1L - 1RSX - 0,3RSY
- e. Combo 5 = 1,38D + 1L + 1RSX - 0,3RSY
- f. Combo 6 = 1,38D + 1L - 1RSX + 0,3RSY
- g. Combo 7 = 1,38D + 1L + 0,3RSX + 1RSY

- h. Combo 8 =  $1,38D + 1L - 0,3RSX - 1RSY$
- i. Combo 9 =  $1,38D + 1L + 0,3RSX - 1RSY$
- j. Combo 10 =  $1,38D + 1L - 0,3RSX + 1RSY$
- k. Combo 11 =  $0,72D + 0,3RSX + 1RSY$
- l. Combo 12 =  $0,72D - 0,3RSX - 1RSY$
- m. Combo 13 =  $0,72D + 0,3RSX - 1RSY$
- n. Combo 14 =  $0,72D - 0,3RSX + 1RSY$
- o. Combo 15 =  $0,72D + 1RSX - 0,3RSY$
- p. Combo 16 =  $0,72D - 1RSX - 0,3RSY$
- q. Combo 17 =  $0,72D + 1RSX - 0,3RSY$
- r. Combo 18 =  $0,72D - 1RSX + 0,3RSY$
- s. Combo 19 =  $1D + 1L$

keterangan :

D = beban mati

L = beban hidup

RSX = beban gempa arah x

RSY = beban gempa arah y

## 5. Analisa struktur

Tahap terakhir pemodelan dianalisis untuk mengetahui *output* gaya dalam, gaya geser dan momen.

### 3.3.1 Pembebanan

Pembebanan Pembebanan gedung harus memperhitungkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa agar bangunan dapat dikatakan aman dan stabil. Berikut adalah pembebanan yang digunakan dalam proyek Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada :

1. Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727 : 2013 beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, *kladding* gedung.

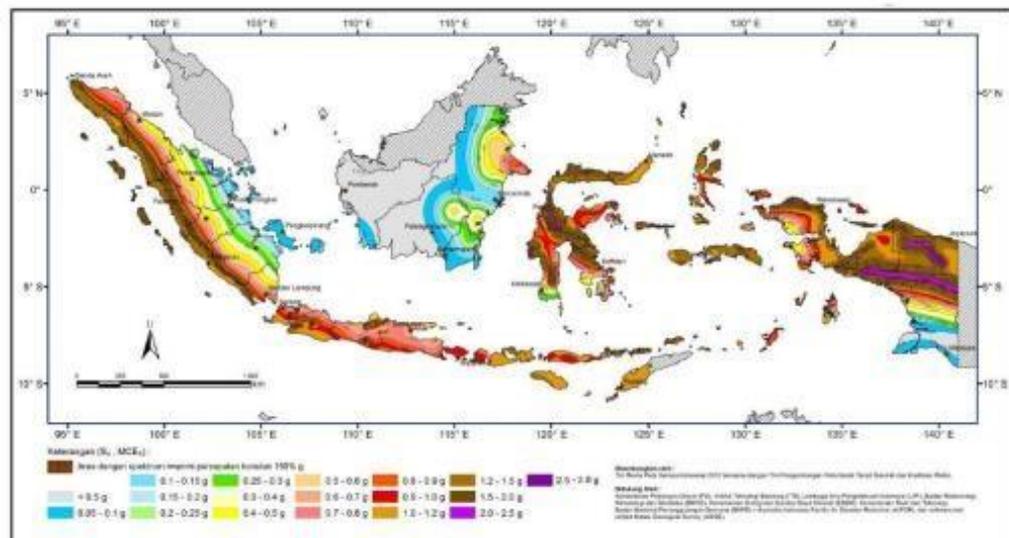
2. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan berdasarkan SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung disesuaikan dengan fungsi gedung dan ruangan. Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada termasuk pada gedung pendidikan, sehingga nilai beban hidup (QL) sebesar 2,46 kN/m<sup>2</sup> untuk lantai dan 0,981 kN/m<sup>2</sup> untuk atap sedangkan untuk koridor digunakan QL sebesar 4,79 kN/m<sup>2</sup>

3. Beban Gempa

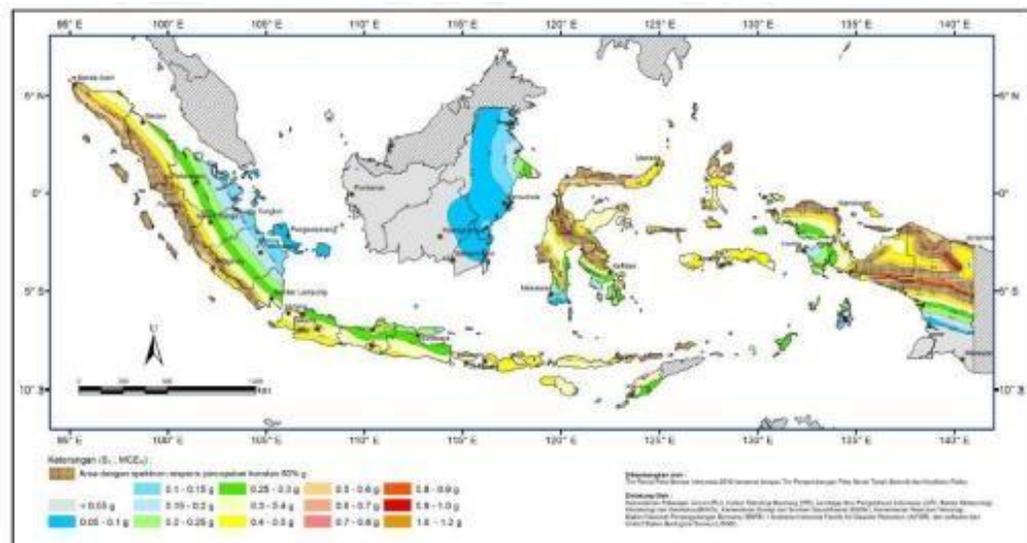
Pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada terletak di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang difungsikan sebagai gedung pendidikan dan memiliki tipe tanah sedang.

- a. Nilai Respon Spektrum Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, nilai respon spektrum gempa dapat diketahui dengan mencari parameter percepatan terpetakan. Parameter ini terdiri dari percepatan batuan dasar pada perioda pendek ( $S_s$ ) dan percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik ( $S_1$ ) yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 Dan Gambar 3.3 berikut ini.



**Gambar 3.2 Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek (S<sub>s</sub>)**

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional SNI, 1726-2012)



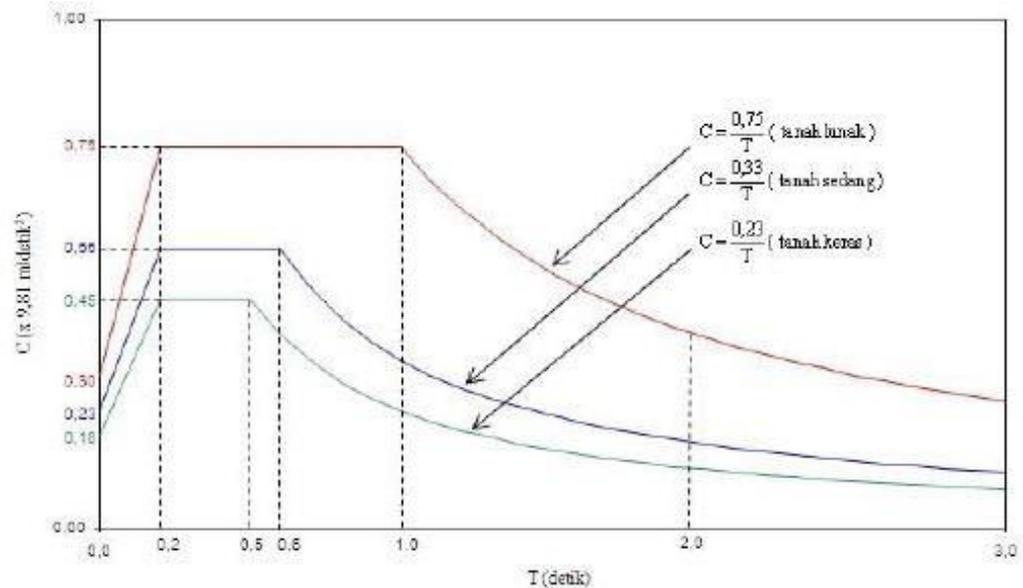
**Gambar 3.3 Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek (S<sub>1</sub>)**

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional SNI, 1726-2012)

Data Fa, Fv, Ss, dan S1 dapat dilihat pada SNI 03-1726-2012 dalam pasal – pasal berikut ini :

1. Koefisien situs untuk perioda pendek pada perioda 0,2 detik ( $F_a$ ) dapat dilihat pada pasal 6.2,
2. Koefisien situs untuk perioda panjang ( $F_v$ ) dapat dilihat pada pasal 6.2,
3. Parameter percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada perioda pendek redaman 5 persen ( $S_s$ ) dapat dilihat pada pasal 6.1.1, dan
4. Parameter percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik, redaman 5 persen ( $S_1$ ) dapat dilihat pada pasal 6.1.1.

Berdasarkan SNI – 1726 – 2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk daerah gempa wilayah 3, sehingga besarnya nilai koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah (C) data dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



**Gambar 3.4 Respon Spektrum Gempa Wilayah 3**  
(Sumber : SNI 1726-2002)

## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **4.1 Metode Penelitian**

Analisis yang dilakukan merupakan analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang yang mengambil objek di proyek pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada dengan menggunakan metode *Mayerhoff*. Dari hasil analisis kapasitas dukung yang dilakukan, maka diharapkan dapat menahan beban yang berasal dari struktur atas. Dengan begitu pondasi akan mengalami penurunan (*settlement*) yang tidak berlebihan atau berada pada batas toleransi.

Pondasi berfungsi sebagai struktur bawah dalam suatu konstruksi, maka nilai kapasitas dukung pondasi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor di bawah ini:

1. bentuk, jenis serta dimensi pondasi,
2. jenis struktur atas yaitu beban struktur diatas pondasi (struktur atas),
3. jarak antar pondasi,
4. kondisi tanah seperti propertis tanah,
5. serta tinggi muka air tanah dan lain sebagainya.

Berikut ini adalah variabel – variabel yang terdapat dalam penelitian analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada :

1. variabel bebas, yang meliputi dimensi dari pondasi yang digunakan,
2. variabel terikat, yang meliputi dari kapasitas dukung pondasi (kapasitas ujung, kapasitas selimut, kapasitas ultimit, kapasitas ijin), dan penurunan pondasi.

## 4.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk mengetahui dan menganalisis kapasitas dukung pondasi dan penurunan yang terjadi pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada. Data yang digunakan untuk analisis ini adalah sebagai berikut :

1. gambar teknis gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada, dan
2. data hasil pengujian Sondir dan pengujian SPT.

## 4.3 Metode Analisis

Ada beberapa yang dilakukan pada metode analisis ini seperti sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Studi pustaka diperlukan sebagai acuan analisis setelah subjek ditentukan. Studi pustakan merupakan landasan teori bagi analisis yang mengacu pada buku buku, pendapat dan teori - teori yang berhubungan dengan penelitian.

2. Metode Pengumpulan Data

Data merupakan faktor penting dalam menentukan dan memilih jenis pekerjaan yang akan dipilih dalam suatu perencanaan pekerjaan konstruksi. Pada penelitian ini, data diperoleh dari PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM.

Pada penelitian ini, Penulis menggunakan data yang diperoleh dan data yang digunakan dalam analisis yakni data uji Sondir dan SPT.

Langkah selanjutnya yang diambil adalah menghitung kapasitas dukung tiang (tunggal dan kelompok) dan penurunannya. Adapun langkah-langkah yang diambil untuk perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kapasitas dukung tiang tunggal.

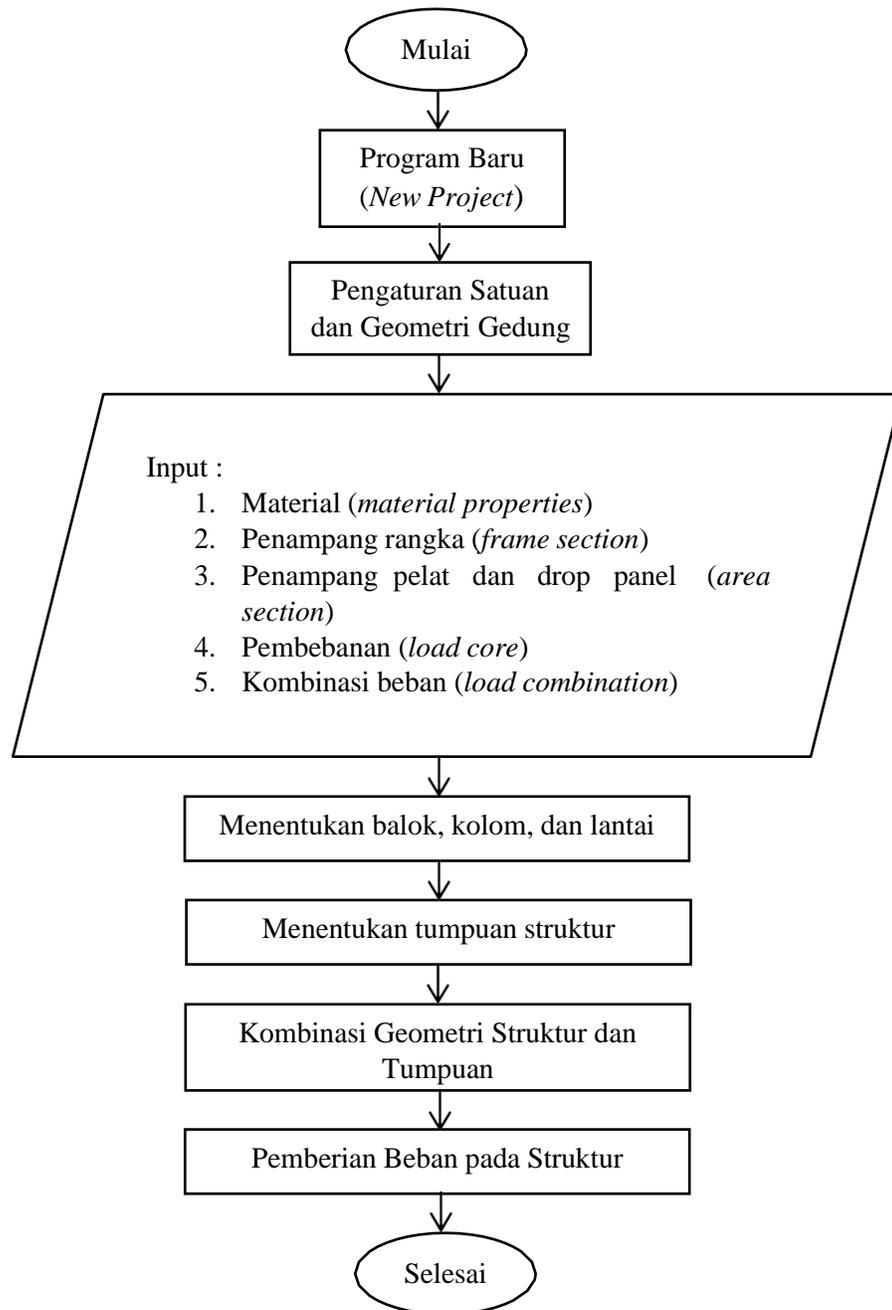
Untuk analisis kapasitas dukung tiang tunggal, perhitungan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. mencari nilai N rata-rata,
- b. mencari panjang ekivalensi penetrasi tiang,
- c. mencari nilai daya dukung pada ujung tiang,

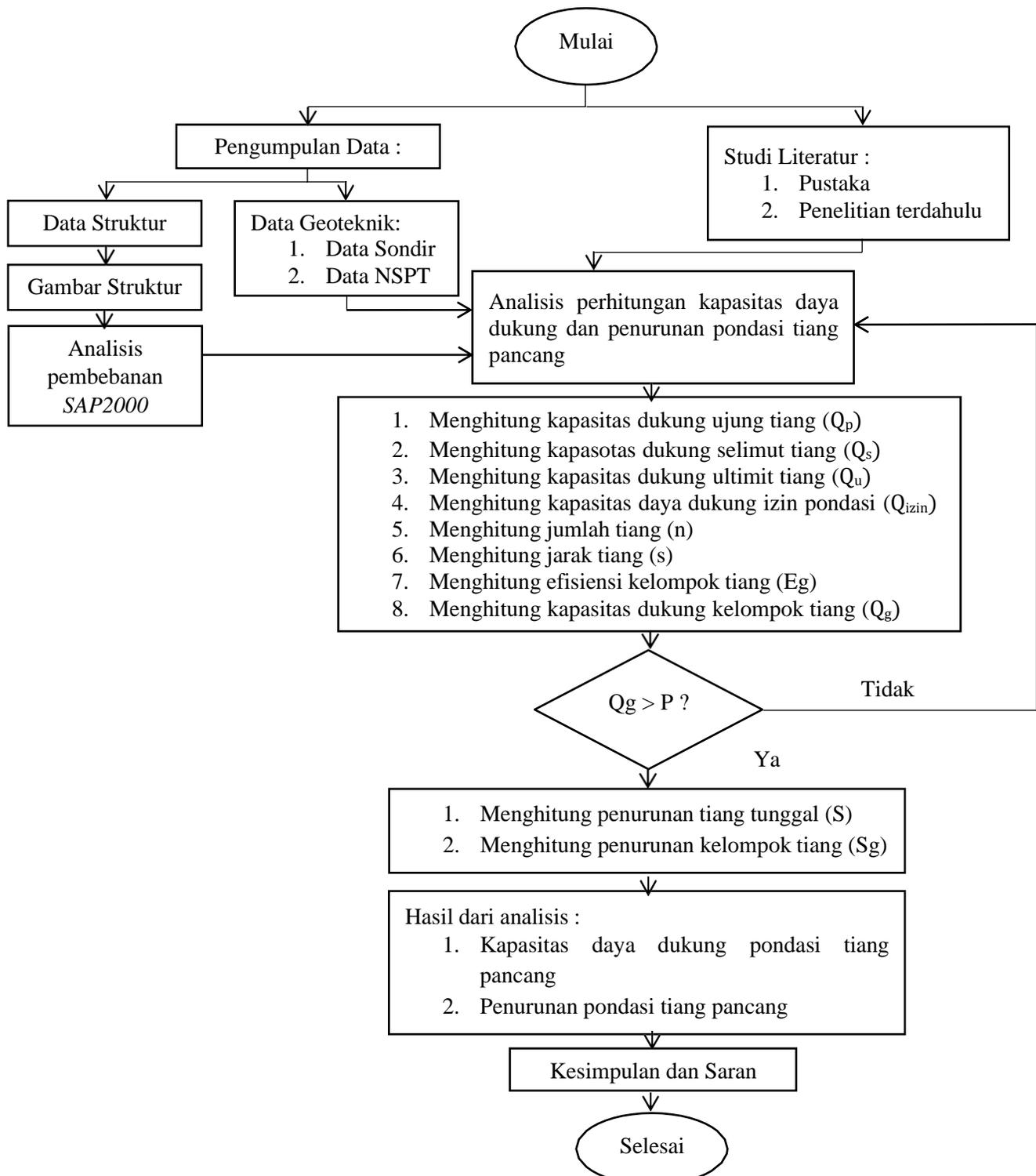
- d. mencari nilai gaya geser maksimum dinding tiang,
  - e. mencari gaya dukung *ultimate*,
  - f. mencari daya dukung ijin.
2. Menghitung kapasitas dukung kelompok tiang.
- Untuk menghitung kapasitas dukung kelompok tiang, perlu diperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas dukung kelompok tiang, antara lain :
- a. faktor Efisiensi.
  - b. jumlah Tiang.
3. Menghitung penurunan ondasi
- Untuk menghitung penurunan pondasi, antara lain :
- a. penurunan tiang tunggal (S),
  - b. penurunan kelompok tiang (Sg).

#### **4.4 Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian akan dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data dan studi literatur, analisis data dan perhitungan kapasitas daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang, hasil dan pembahasan serta kesimpulan dan saran. Bagan alir pembebanan menggunakan program *SAP2000* dan metode pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut ini :



**Gambar 4.1 Bagan Alir Pembebanan dengan Program SAP2000**

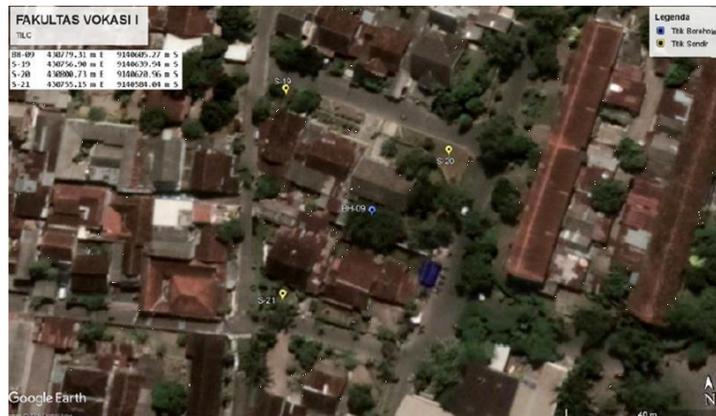


**Gambar 4. 2 Bagan Alir Metode Pelaksanaan Penelitian**

## BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Data Gedung

Universitas Gadjah Mada merupakan universitas negeri tertua dan terbesar di Indonesia yang terletak di D.I Yogyakarta. Untuk menunjang pendidikan yang lebih berkompeten dan berstandar internasional, maka UGM berencana membangun fasilitas gedung *learning center* yang berada di 4 titik, salah satunya gedung Fakultas Vokasi (TILC). Lokasi proyek pembangunan Gedung Fakultas Vokasi dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



**Gambar 5.1 Lokasi Proyek Gedung Fakultas Vokasi (TILC) UGM**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

#### 5.1.1 Data Umum

Berikut merupakan data dari proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada sebagai berikut :

1. Nama proyek : Pembangunan Gedung Paket 4 (APSLC, DLC, TILC, FRC)
2. Pemilik proyek : Universitas Gadjah Mada

3. Kontraktor : PT. PP Persero G2
4. Perencana : OCG / AZUSA with CMJ / BTA / OCI
5. Konsultan Pengawas : OCG / AZUSA with CMJ / BTA / OCI
6. Lokasi proyek : Fakultas Kedokteran Gigi, Farmasi, Vokasi UGM
7. Kons bagian atas : Struktur beton
8. Kons bagian bawah : Pondasi *bore pile*
9. Biaya proyek : Rp. 236.000.000.000,-
10. Waktu penyelesaian : 390 hari

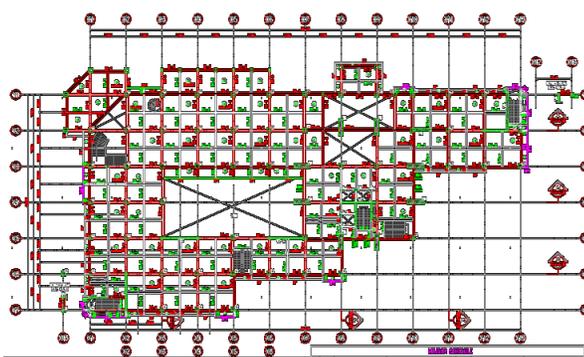
### 5.1.2 Spesifikasi Material

Untuk material yang digunakan pada proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada adalah sebagai berikut :

1. mutu beton ( $f'c$ ) sebesar 30 Mpa,
2. mutu baja ( $f_y$ ) sebesar 420 Mpa.

### 5.1.3 Denah Konstruksi

Denah konstruksi pada proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



**Gambar 5.2 Denah Lantai 1 Gedung Fakultas Vokasi (TILC) UGM**

(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

#### 5.1.4 Data Struktur

Struktur yang terdapat pada gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada terdiri dari struktur atas dan bawah. Yang termasuk dalam struktur atas berupa beton bertulang, sedangkan struktur bawah merupakan pondasi jenis *bored pile*. Yang akan penulis analisis yaitu struktur bawah pada gedung tersebut dengan menganalisis jenis pondasi tiang pancang serta menghitung kapasitas daya dukung dan penurunan pondasinya.

Struktur atas terdiri dari balok, kolom, pelat, dan atap. Struktur balok merupakan elemen struktural yang menerima gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya (Dipohusodo, 1994). Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya adalah menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral kecil. Pelat lantai adalah elemen horisontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur.

Komponen-komponen struktur atas yang digunakan dalam proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada yaitu :

1. Balok

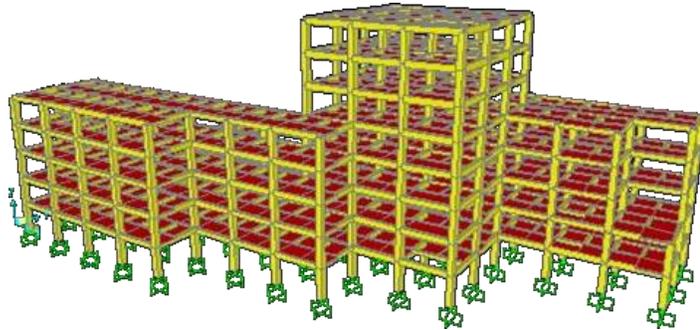
Balok yang digunakan dengan mutu beton  $f'c$  sebesar 30 Mpa.

2. Kolom

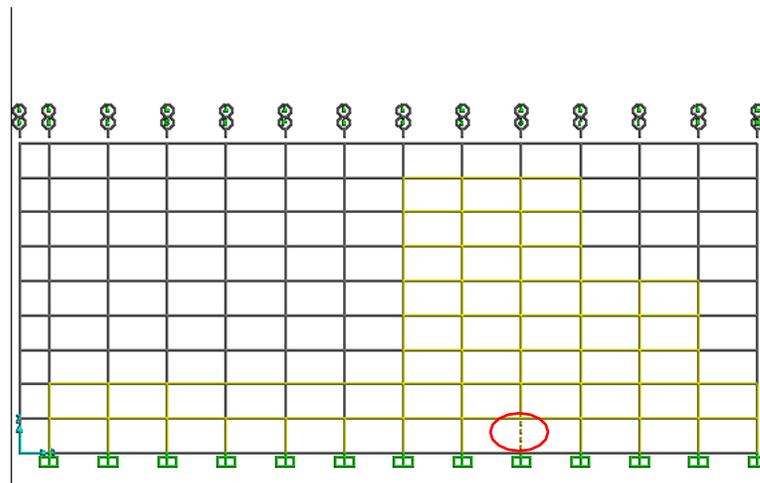
Kolom sebagai penyangga beban aksial tekan vertikal berbentuk persegi dengan mutu beton  $f'c$  sebesar 30 Mpa.

#### **5.2 Pembebanan Menggunakan Program SAP2000**

Pembebanan dengan menggunakan program *SAP2000* dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan 5.4 berikut.



**Gambar 5.3 Portal 3D Arah X Gedung Vokasi (TILC) UGM**

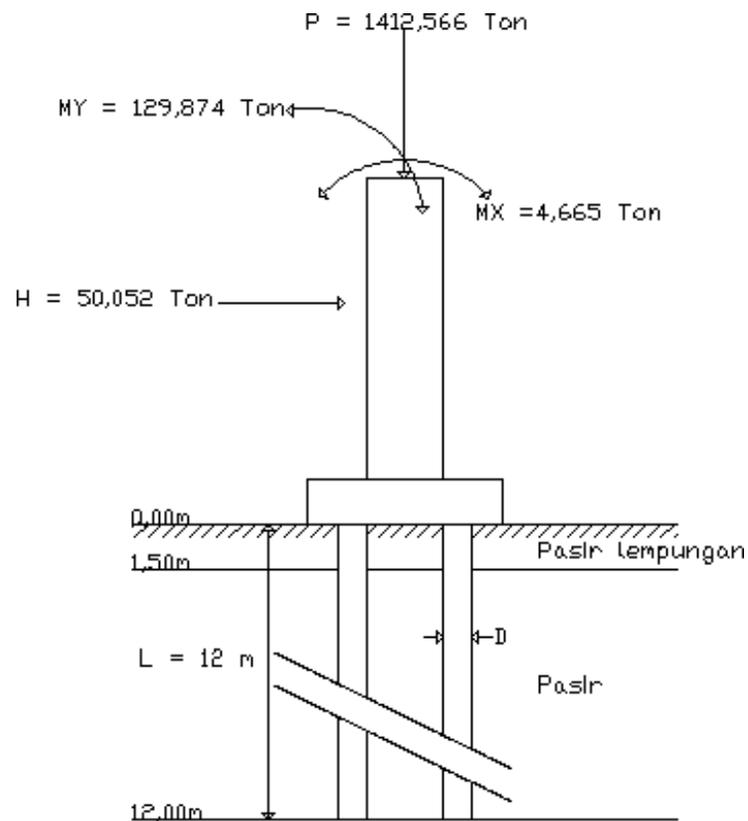


**Gambar 5.4 Frame 2400 yang Ditinjau**

Hasil dari program *SAP2000* diperoleh gaya-gaya sebagai berikut :

1. P (beban aksial) = 1412,566 Ton
2. H (gaya geser) = 50,052 Ton
3.  $M_x$  (momen arah x) = 4,665 Ton
4.  $M_y$  (momen arah y) = 129,874 Ton

Dari hasil pembebanan menggunakan program *SAP2000*, dapat dilihat desain pondasi pada Gambar 5.5 berikut ini.



**Gambar 5.5 Desain Pondasi Tiang Pancang**

### 5.3 Analisis Pondasi Tiang Pancang

#### 5.3.1 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang

##### 5.3.1.1 Menghitung Kapasitas Dukung dari Data Sondir

##### 1. Tiang Pancang Diameter 0,4 m

##### a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (A}_p) &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2 \\
 &= 1256 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,1256 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling tiang (p)} &= \pi \cdot D \\
 &= \pi \cdot 0,4
 \end{aligned}$$

$$= 125,680 \text{ cm}$$

$$= 1,2568 \text{ m}$$

Untuk menghitung kapasitas dukung, diperoleh nilai tahanan ujung sondir ( $q_c$ ) dan jumlah hambatan lekat (TF). Kedua data tersebut berasal dari uji dan pembacaan data sondir. Nilai tahanan ujung sondir ( $q_c$ ) dan jumlah hambatan lekat (TF) serta grafik uji sondir terhadap posisi tiang diameter 0,4 m titik S-20 dapat dilihat Tabel 5.1 dan Gambar 5.6 berikut.

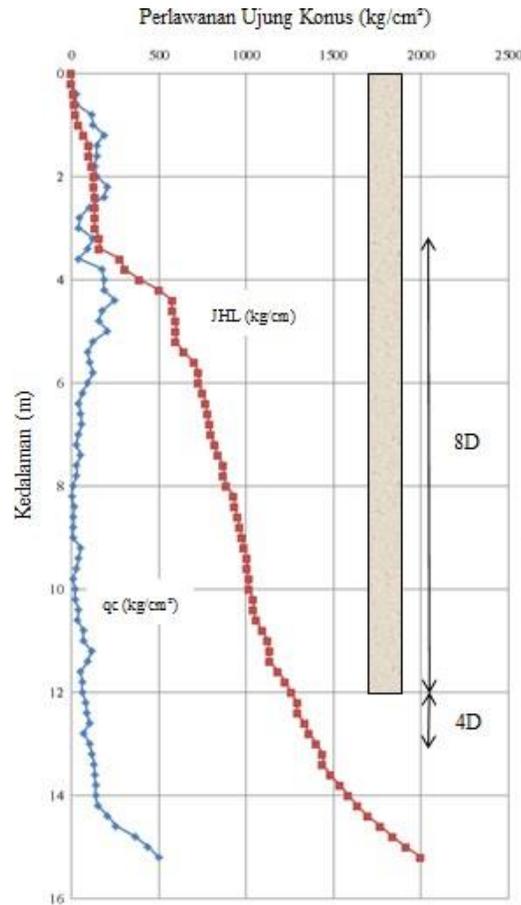
**Tabel 5.1 Nilai Tahanan Ujung Sondir ( $q_c$ ) dan JHL (TF) Pada Titik S-20**

| <b>Kedalaman (m)</b> | <b><math>q_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Jumlah hambatan lekat (Tf)</b> |
|----------------------|---|-----------------------------------|
| 0,00                 | 0   | 0                                 |
| 0,20                 | 0,0   | 0                                 |
| 0,40                 | 26,01                                       | 8,53                              |
| 0,60                 | 26,01                                       | 17,06                             |
| 0,80                 | 114,44                                      | 25,58                             |
| 1,00                 | 124,85                                      | 39,23                             |
| 1,20                 | 187,27                                      | 69,93                             |
| 1,40                 | 145,66                                      | 100,63                            |
| 1,60                 | 145,66                                      | 100,63                            |
| 1,80                 | 133,17                                      | 117,69                            |
| 2,00                 | 145,66                                      | 126,21                            |
| 2,20                 | 208,08                                      | 126,21                            |
| 2,40                 | 187,27                                      | 134,74                            |
| 2,60                 | 104,04                                      | 134,74                            |
| 2,80                 | 46,82                                       | 134,74                            |
| 3,00                 | 41,62                                       | 134,74                            |
| 3,20                 | 124,85                                      | 160,32                            |
| 3,40                 | 93,64                                       | 160,32                            |
| 3,60                 | 41,62                                       | 279,72                            |
| 3,80                 | 176,87                                      | 305,3                             |
| 4,00                 | 187,27                                      | 390,58                            |
| 4,20                 | 187,27                                      | 501,44                            |
| 4,40                 | 249,70                                      | 578,19                            |

| <b>Kedalaman (m)</b> | <b>qc (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Jumlah hambatan lekat (Tf)</b> |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 4,60                 | 176,87                        | 578,19                            |
| 4,80                 | 156,06                        | 598,66                            |
| 5,00                 | 208,08                        | 598,66                            |
| 5,20                 | 124,85                        | 598,66                            |
| 5,40                 | 93,64                         | 641,30                            |
| 5,60                 | 104,04                        | 701,00                            |
| 5,80                 | 124,85                        | 726,58                            |
| 6,00                 | 93,64                         | 726,58                            |
| 6,20                 | 62,42                         | 752,16                            |
| 6,40                 | 41,62                         | 769,22                            |
| 6,60                 | 52,02                         | 777,75                            |
| 6,80                 | 60,34                         | 789,69                            |
| 7,00                 | 41,62                         | 798,21                            |
| 7,20                 | 26,01                         | 820,39                            |
| 7,40                 | 52,02                         | 837,44                            |
| 7,60                 | 31,21                         | 871,55                            |
| 7,80                 | 31,21                         | 871,55                            |
| 8,00                 | 10,40                         | 888,61                            |
| 8,20                 | 2,08                          | 927,84                            |
| 8,40                 | 15,61                         | 936,37                            |
| 8,60                 | 12,48                         | 950,01                            |
| 8,80                 | 12,48                         | 963,66                            |
| 9,00                 | 10,40                         | 972,18                            |
| 9,20                 | 52,02                         | 989,24                            |
| 9,40                 | 41,62                         | 1006,30                           |
| 9,60                 | 31,21                         | 1006,30                           |
| 9,80                 | 10,40                         | 1014,82                           |
| 10,00                | 20,81                         | 1014,82                           |
| 10,20                | 20,81                         | 1040,41                           |
| 10,40                | 41,62                         | 1040,41                           |
| 10,60                | 36,41                         | 1057,46                           |
| 10,80                | 67,63                         | 1091,57                           |
| 11,00                | 67,63                         | 1125,69                           |
| 11,20                | 114,44                        | 1134,21                           |
| 11,40                | 93,64                         | 1134,21                           |

| <b>Kedalaman (m)</b> | <b>qc (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Jumlah hambatan lekat (Tf)</b> |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 11,60                | 52,02                         | 1181,97                           |
| 11,80                | 62,42                         | 1224,61                           |
| 12,00                | 62,42                         | 1258,72                           |
| 12,20                | 83,23                         | 1292,83                           |
| 12,40                | 88,43                         | 1292,83                           |
| 12,60                | 104,04                        | 1335,47                           |
| 12,80                | 72,83                         | 1361,06                           |
| 13,00                | 104,04                        | 1403,70                           |
| 13,20                | 119,65                        | 1437,81                           |
| 13,40                | 130,05                        | 1437,81                           |
| 13,60                | 134,21                        | 1482,15                           |
| 13,80                | 139,41                        | 1535,03                           |
| 14,00                | 140,45                        | 1586,19                           |
| 14,20                | 150,86                        | 1635,66                           |
| 14,40                | 208,08                        | 1695,35                           |
| 14,60                | 254,90                        | 1768,69                           |
| 14,80                | 364,14                        | 1836,92                           |
| 15,00                | 436,97                        | 1913,67                           |
| 15,20                | 499,39                        | 1998,95                           |

Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)



**Gambar 5.6 Grafik Uji Sondir Terhadap Posisi Tiang Diameter 0,4 m**

Nilai konus ( $q_c$ ) dapat diperoleh dengan cara 8D keatas dari ujung tiang dan 4D ke bawah dari ujung tiang dengan panjang tiang 12 m, maka didapatkan :

$$\begin{aligned}
 q_{c1} &= \frac{(12,48 \cdot 0,2) + (10,40 \cdot 0,2) + (52,02 \cdot 0,2) + (41,62 \cdot 0,2) + (31,21 \cdot 0,2) +}{3,2} \\
 &= \frac{(10,40 \cdot 0,2) + (20,81 \cdot 0,2) + (20,81 \cdot 0,2) + (41,62 \cdot 0,2) + (36,41 \cdot 0,2) +}{3,2} \\
 &= \frac{(67,63 \cdot 0,2) + (67,63 \cdot 0,2) + (114,44 \cdot 0,2) + (93,64 \cdot 0,2) + (52,02 \cdot 0,2) +}{3,2} \\
 &= \frac{(62,42 \cdot 0,2) + (62,42 \cdot 0,2)}{3,2} \\
 &= 49,874 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qc_2 &= \frac{(62,42 \cdot 0,2) + (83,23 \cdot 0,2) + (88,43 \cdot 0,2) + (104,04 \cdot 0,2) + (72,83 \cdot 0,2) +}{1,6} \\
 &= \frac{(104,04 \cdot 0,2) + (119,65 \cdot 0,2) + (130,05 \cdot 0,2) + (134,21 \cdot 0,2)}{1,6} \\
 &= 112,363 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qc_a &= \frac{1}{2} \cdot (qc_1 + qc_2) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot (49,874 + 112,363) \\
 &= 81,119 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

maka kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) adalah

$$\begin{aligned}
 Q_p &= qc \cdot A_p \\
 &= 81,119 \cdot 1256 \\
 &= 101885,464 \text{ kg} \\
 &= 101,885 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )

$$\begin{aligned}
 Q_s &= JHL \cdot p \\
 &= 1258,720 \cdot 125,680 \\
 &= 158195,930 \text{ kg} \\
 &= 158,196 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal ( $Q_{ultimate}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{ultimate} &= Q_p + Q_s \\
 &= (qc \cdot A_p) + (JHL \cdot p) \\
 &= (81,119 \cdot 1256) + (1258,720 \cdot 125,680) \\
 &= 260081,394 \text{ kg} \\
 &= 260,081 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

d. Kapasitas Dukung Izin Pondasi ( $Q_{izin}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{izin} &= \frac{q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot p}{5} \\
 &= \frac{81,119 \cdot 1256}{3} + \frac{1258,720 \cdot 125,680}{5} \\
 &= 65601,007 \text{ kg} \\
 &= 65,601 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

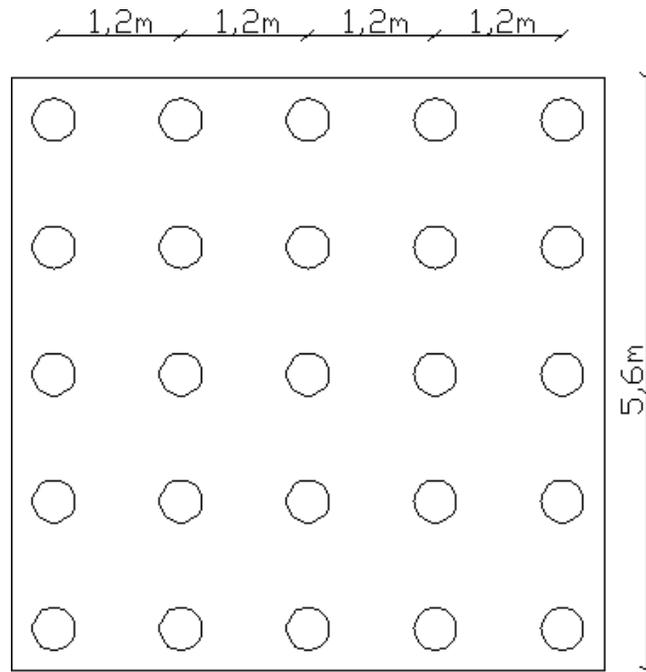
e. Jumlah Tiang (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P}{Q_{ijin}} \\
 &= \frac{1412,566}{65,601} \\
 &= 21,532 \\
 &= 25 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

f. Jarak Tiang (s)

$$\begin{aligned}
 s &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,4 \\
 &= 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk susunan tiang pancang diameter 0,4 m menggunakan data Sondir dapat dilihat Gambar 5.7 di bawah ini.



**Gambar 5.7 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,4 m Data Sondir**

g. Efisiensi Kelompok Tiang ( $E_g$ )

Karena nilai  $S \geq 3.D$ , maka nilai  $E_g$  adalah 1

h. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang ( $Q_g$ )

$$\begin{aligned}
 Q_g &= n \cdot Q_{izin} \cdot E_g \\
 &= 25 \cdot 65,601 \cdot 1 \\
 &= 1640,025 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

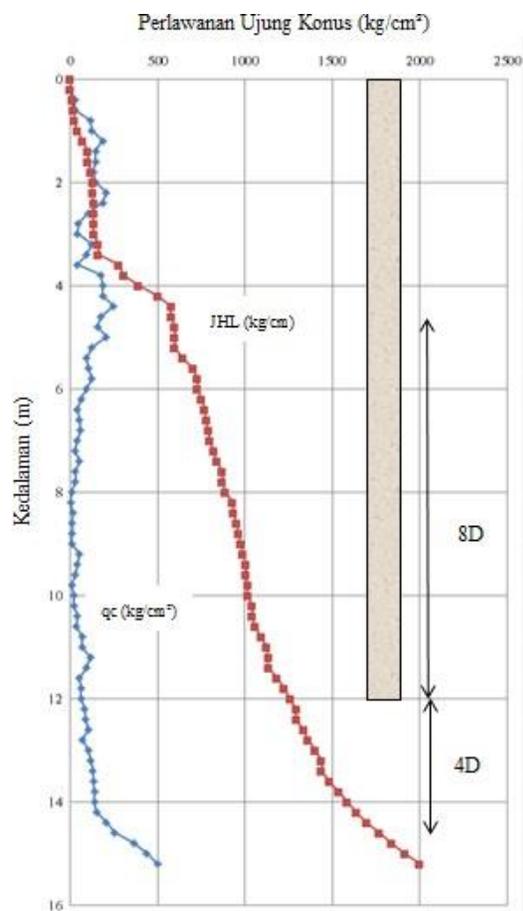
2. Tiang Pancang Diameter 0,6 m

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (} A_p \text{)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,6^2 \\
 &= 2827,433 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,2827 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling tiang (p)} &= \pi \cdot D \\
 &= \pi \cdot 60 \\
 &= 188,450 \text{ cm} \\
 &= 1,885 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Grafik uji sondir terhadap posisi tiang diameter 0,6 m titik S-20 dapat dilihat Gambar 5.8 berikut.



**Gambar 5.8 Grafik Uji Sondir Terhadap Posisi Tiang Diameter 0,6 m**

$$\begin{aligned}
 qc_1 &= \frac{(52,02 \cdot 0,2) + (31,21 \cdot 0,2) + (31,21 \cdot 0,2) + (10,40 \cdot 0,2) + (2,08 \cdot 0,2) +}{4,8} \\
 &= \frac{(15,61 \cdot 0,2) + (12,48 \cdot 0,2) + (12,48 \cdot 0,2) + (10,40 \cdot 0,2) + (52,02 \cdot 0,2) +}{4,8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(41,62 \cdot 0,2) + (31,21 \cdot 0,2) + (10,40 \cdot 0,2) + (20,81 \cdot 0,2) + (20,81 \cdot 0,2) +}{4,8} \\
&= \frac{(41,62 \cdot 0,2) + (36,41 \cdot 0,2) + (67,63 \cdot 0,2) + (67,63 \cdot 0,2) + (114,44 \cdot 0,2) +}{4,8} \\
&= \frac{(93,64 \cdot 0,2) + (52,02 \cdot 0,2) + (62,42 \cdot 0,2) + (62,42 \cdot 0,2)}{4,8} \\
&= 39,708 \text{ kg/cm}^2 \\
q_{c2} &= \frac{(62,42 \cdot 0,2) + (83,23 \cdot 0,2) + (88,43 \cdot 0,2) + (104,04 \cdot 0,2) + (72,83 \cdot 0,2) +}{2,4} \\
&= \frac{(104,04 \cdot 0,2) + (119,65 \cdot 0,2) + (130,05 \cdot 0,2) + (134,21 \cdot 0,2) + (139,41 \cdot 0,2) +}{2,4} \\
&= \frac{(140,45 \cdot 0,2) + (150,86 \cdot 0,2) + (208,08 \cdot 0,2)}{2,4} \\
&= 128,142 \text{ kg/cm}^2 \\
q_{ca} &= \frac{1}{2} \cdot (q_{c1} + q_{c2}) \\
&= \frac{1}{2} \cdot (39,708 + 128,142) \\
&= 83,925 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

maka kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) adalah

$$\begin{aligned}
Q_p &= q_c \cdot A_p \\
&= 83,925 \cdot 2827,433 \\
&= 237292,315 \text{ kg} \\
&= 237,292 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )

$$\begin{aligned}
Q_s &= JHL \cdot p \\
&= 1258,720 \cdot 188,450 \\
&= 237205,784 \text{ kg} \\
&= 237,206 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal ( $Q_{ultimate}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{ultimate} &= Q_p + Q_s \\
 &= (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot p) \\
 &= (83,925 \cdot 2827,433) + (1258,720 \cdot 188,450) \\
 &= 474498,099 \text{ kg} \\
 &= 474,500 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

d. Kapasitas Dukung Izin Pondasi ( $Q_{izin}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{izin} &= \frac{q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot p}{5} \\
 &= \frac{83,925 \cdot 2827,433}{3} + \frac{1258,720 \cdot 188,450}{5} \\
 &= 126538,595 \text{ kg} \\
 &= 126,539 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

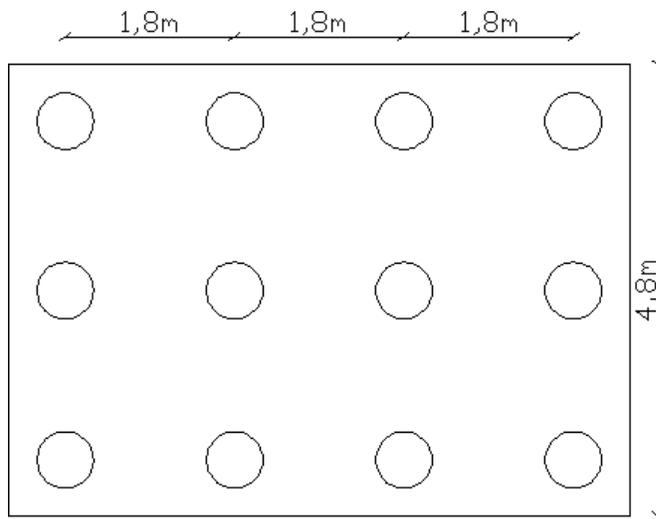
e. Jumlah Tiang (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P}{Q_{izin}} \\
 &= \frac{1412,566}{126,539} \\
 &= 11,163 \\
 &= 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

f. Jarak Tiang (s)

$$\begin{aligned}
 s &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,6 \\
 &= 1,8
 \end{aligned}$$

Untuk susunan tiang pancang diameter 0,6 m menggunakan data Sondir dapat dilihat Gambar 5.9 di bawah ini.



**Gambar 5.9 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,6 m Data Sondir**

g. Efisiensi Kelompok Tiang ( $E_g$ )

Karena nilai  $S \geq 3.D$ , maka nilai  $E_g$  adalah 1

h. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang ( $Q_g$ )

$$\begin{aligned} Q_g &= n \cdot Q_{izin} \cdot E_g \\ &= 12 \cdot 126,539 \cdot 1 \\ &= 1518,468 \text{ Ton} \end{aligned}$$

3. Tiang Pancang Diameter 0,8 m

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

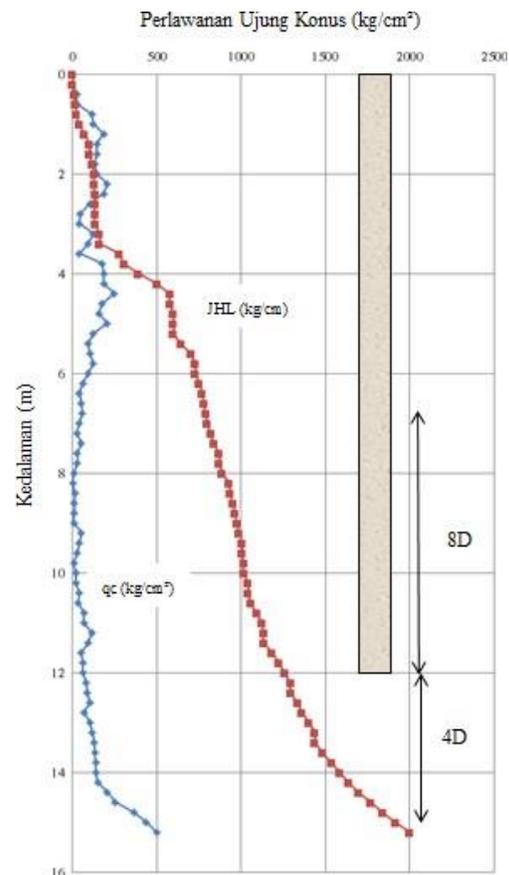
$$\begin{aligned} \text{Luas (A}_p) &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 80^2 \\ &= 5024 \text{ cm}^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang (p)} &= \pi \cdot D \\ &= \pi \cdot 80 \end{aligned}$$

$$= 251,327 \text{ cm}$$

$$= 2,513 \text{ m}$$

Grafik uji sondir terhadap posisi tiang diameter 0,8 m titik S-20 dapat dilihat Gambar 5.10 berikut.



**Gambar 5.10 Grafik Uji Sondir Terhadap Posisi Tiang Diameter 0,8 m**

$$\begin{aligned}
 q_{c1} &= \frac{(104,04 \cdot 0,2) + (124,85 \cdot 0,2) + (93,64 \cdot 0,2) + (62,42 \cdot 0,2) + (41,62 \cdot 0,2) +}{6,4} \\
 &= \frac{(52,02 \cdot 0,2) + (60,34 \cdot 0,2) + (41,62 \cdot 0,2) + (26,01 \cdot 0,2) + (52,02 \cdot 0,2) +}{6,4} \\
 &= \frac{(31,21 \cdot 0,2) + (31,21 \cdot 0,2) + (10,40 \cdot 0,2) + (2,08 \cdot 0,2) + (15,61 \cdot 0,2) +}{6,4} \\
 &= \frac{(12,48 \cdot 0,2) + (12,48 \cdot 0,2) + (10,40 \cdot 0,2) + (52,02 \cdot 0,2) + (41,62 \cdot 0,2) +}{6,4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(31,21 \cdot 0,2) + (10,40 \cdot 0,2) + (20,81 \cdot 0,2) + (20,81 \cdot 0,2) + (41,62 \cdot 0,2) +}{6,4} \\
&= \frac{(36,41 \cdot 0,2) + (67,63 \cdot 0,2) + (67,63 \cdot 0,2) + (114,44 \cdot 0,2) + (93,64 \cdot 0,2) +}{6,4} \\
&= \frac{(52,02 \cdot 0,2) + (62,42 \cdot 0,2) + (62,42 \cdot 0,2)}{6,4} \\
&= 48,736 \text{ kg/cm}^2 \\
q_{c2} &= \frac{(62,42 \cdot 0,2) + (83,23 \cdot 0,2) + (88,43 \cdot 0,2) + (104,04 \cdot 0,2) + (72,83 \cdot 0,2) +}{3,2} \\
&= \frac{(104,04 \cdot 0,2) + (119,65 \cdot 0,2) + (130,05 \cdot 0,2) + (134,21 \cdot 0,2) + (139,41 \cdot 0,2) +}{3,2} \\
&= \frac{(140,45 \cdot 0,2) + (150,86 \cdot 0,2) + (208,08 \cdot 0,2) + (254,90 \cdot 0,2) + (364,14 \cdot 0,2) +}{3,2} \\
&= \frac{(436,97 \cdot 0,2) + (499,39 \cdot 0,2)}{3,2} \\
&= 193,319 \text{ kg/cm}^2 \\
q_{ca} &= \frac{1}{2} \cdot (q_{c1} + q_{c2}) \\
&= \frac{1}{2} \cdot (48,736 + 193,319) \\
&= 121,028 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

maka kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) adalah

$$\begin{aligned}
Q_p &= q_c \cdot A_p \\
&= 121,028 \cdot 5024 \\
&= 608044,672 \text{ kg} \\
&= 608,045 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )

$$\begin{aligned}
Q_s &= JHL \cdot p \\
&= 1258,720 \cdot 251,327 \\
&= 316350,321 \text{ kg} \\
&= 316,350 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal ( $Q_{ultimate}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{ultimate} &= Q_p + Q_s \\
 &= (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot p) \\
 &= (121,028 \cdot 5024) + (1258,720 \cdot 251,327) \\
 &= 924394,993 \text{ kg} \\
 &= 924,395 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

d. Kapasitas Dukung Izin Pondasi ( $Q_{izin}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{izin} &= \frac{q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot p}{5} \\
 &= \frac{121,028 \cdot 5024}{3} + \frac{1258,720 \cdot 251,327}{5} \\
 &= 265951,622 \text{ kg} \\
 &= 265,952 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

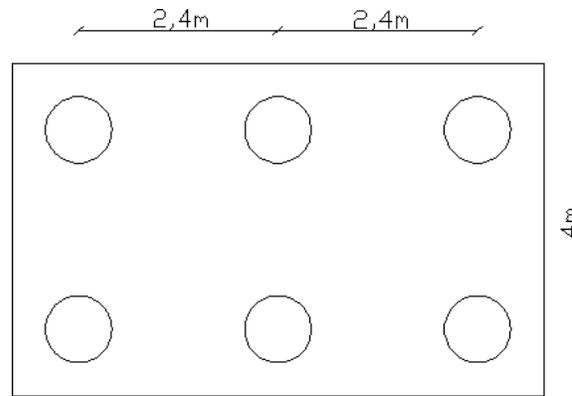
e. Jumlah Tiang (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P}{Q_{izin}} \\
 &= \frac{1412,566}{265,952} \\
 &= 5,311 \\
 &= 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

f. Jarak Tiang (s)

$$\begin{aligned}
 s &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,8 \\
 &= 2,4
 \end{aligned}$$

Untuk susunan tiang pancang diameter 0,8 m menggunakan data Sondir dapat dilihat Gambar 5.11 di bawah ini.



**Gambar 5.11 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,8 m Data Sondir**

g. Efisiensi Kelompok Tiang ( $E_g$ )

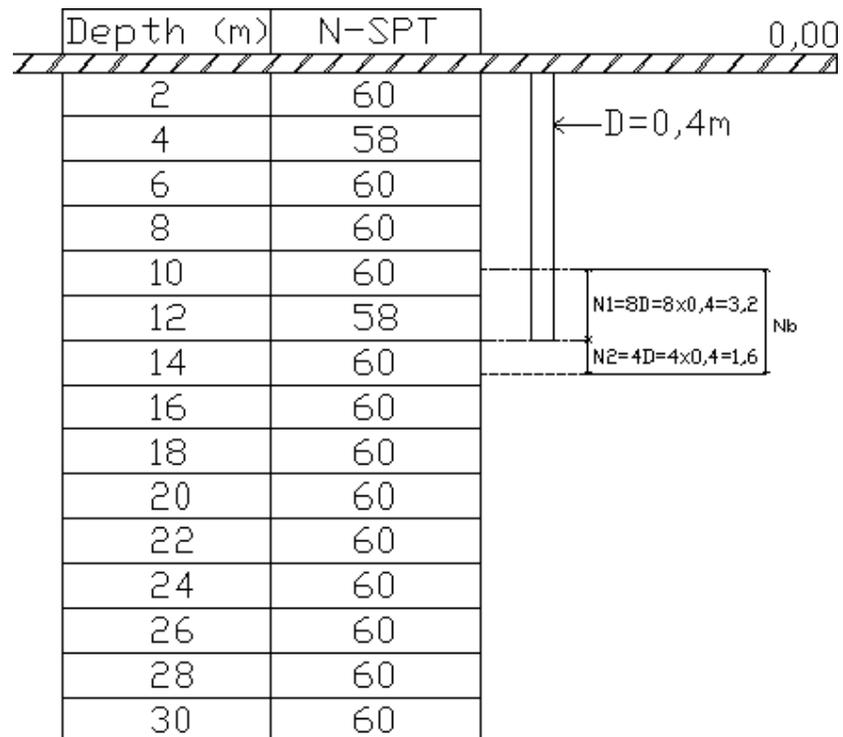
Karena nilai  $S \geq 3.D$ , maka nilai  $E_g$  adalah 1

h. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang ( $Q_g$ )

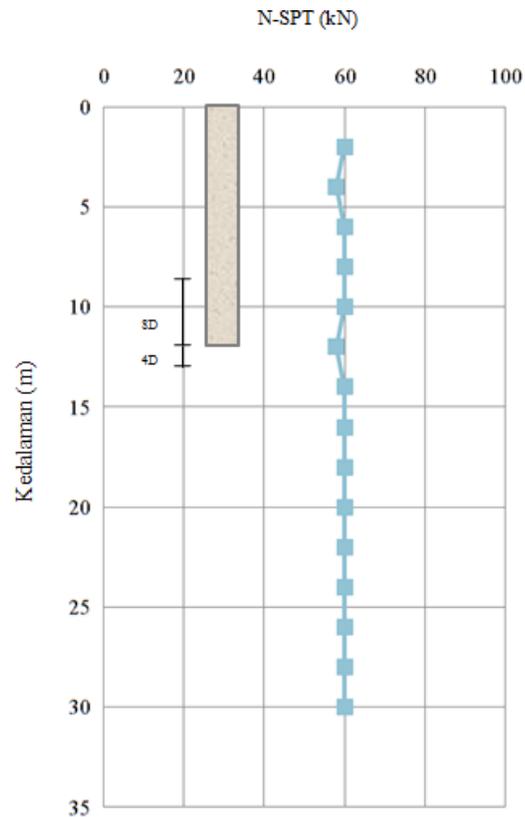
$$\begin{aligned}
 Q_g &= n \cdot Q_{izin} \cdot E_g \\
 &= 6 \cdot 265,952 \cdot 1 \\
 &= 1595,712 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

#### 5.3.1.2 Menghitung Kapasitas Dukung dari Data SPT

Analisis perhitungan kapasitas dukung tiang pancang menggunakan metode *Mayerhoff* diambil data dari titik BH-09. Adapun hasil pengujian SPT posisi tiang terhadap data N-SPT dan grafik SPT dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan 13 berikut.



**Gambar 5.12 Posisi Tiang Terhadap Data N-SPT Diameter 0,4 m**



**Gambar 5.13 Posisi Tiang Terhadap Grafik SPT Diameter 0,4 m**

Dari data di atas dapat dihitung dukung ultimit pada ujung tiang sebagai berikut.

1. Tiang Pancang Diameter 0,4 m

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2$$

$$p = \pi \cdot D$$

$$= \pi \cdot 0,4$$

$$= 1,257 \text{ m}$$

$$8D = 8 \cdot 0,4$$

$$= 3,2 \text{ m}$$

$$4D = 4 \cdot 0,4$$

$$= 1,6$$

$$N_b = \frac{(3,2 \cdot 60) + (1,6 \cdot 60)}{4,8}$$

$$= 60$$

$$Q_p = 40 \times \text{N-SPT} \times (\text{Lb/d}) \times A_p \leq 400 \cdot N_b \cdot (A_p)$$

$$= 40 \times 60 \times \left(\frac{12}{0,4}\right) \times 0,1256 \leq 400 \cdot 60 \cdot 0,1256$$

$$= 9043,200 \text{ kN} \leq 3014,400 \text{ kN}$$

$$= 302,529 \text{ Ton}$$

b. Tahanan Geser Selimut Tiang Perpindahan Besar (*large displacement pile*)

$$Q_s = 2 \times \text{N-SPT} \times p \times L_i$$

$$= 2 \times 60 \times 1,257 \times 12$$

$$= 1810,080 \text{ kN}$$

$$= 181,662 \text{ Ton}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$Q_{ultimate} = Q_p + Q_s$$

$$= 302,529 + 181,662$$

$$= 484,191 \text{ Ton}$$

d. Kapasitas Dukung Izin Tiang

$$Q_{izin} = \frac{Q_{ult}}{SF} - W_p$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{484,191}{3} - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2 \cdot 2,4 \cdot 12 \\
 &= 157,778 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

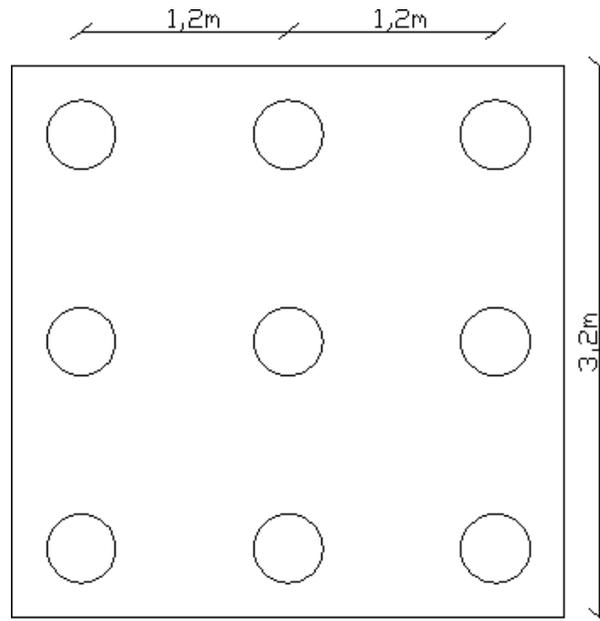
e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P}{Q_{izin}} \\
 &= \frac{1412,566}{157,778} \\
 &= 8,953 \\
 &= 9 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

f. Jarak Tiang

$$\begin{aligned}
 s &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,4 \\
 &= 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk susunan tiang pancang diameter 0,4 m menggunakan data SPT dapat dilihat Gambar 5.14 di bawah ini.



**Gambar 5.14 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,4 m Data SPT**

g. Efisiensi Kelompok Tiang

Karena nilai  $S \geq 3.D$ , maka nilai  $E_g$  adalah 1

h. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

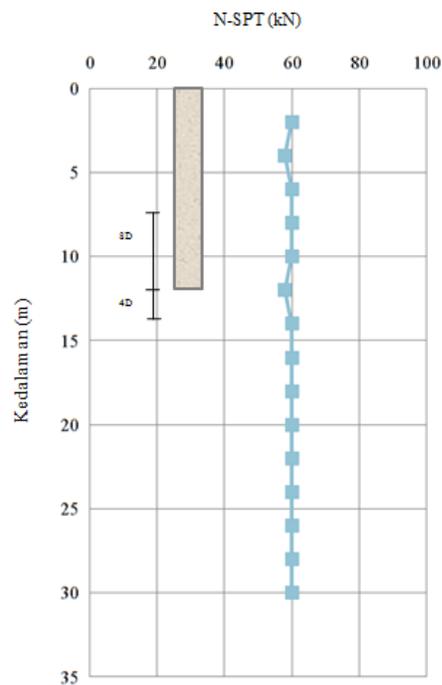
$$\begin{aligned}
 Q_g &= n \cdot Q_{izin} \cdot E_g \\
 &= 9 \cdot 157,778 \cdot 1 \\
 &= 1420,002 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

2. Tiang Pancang Diameter 0,6 m

Untuk menghitung kapasitas dukung diperlukan data hasil pengujian dan posisi tiang terhadap data N-SPT. Posisi tiang terhadap data N-SPT dan grafik SPT pada diameter 0,6 m dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan 5.16 berikut.

| Depth (m) | N-SPT |  |
|-----------|-------|--|
| 0,00      |       | 0,00   |
| 2         | 60    | ← D=0,6m   |
| 4         | 58    |  |
| 6         | 60    | $N1=8D=8 \times 0,6=4,8$<br>$N2=4D=4 \times 0,6=2,4$ |
| 8         | 60    |  |
| 10        | 60    | $N1=8D=8 \times 0,6=4,8$<br>$N2=4D=4 \times 0,6=2,4$ |
| 12        | 58    |  |
| 14        | 60    | $N1=8D=8 \times 0,6=4,8$<br>$N2=4D=4 \times 0,6=2,4$ |
| 16        | 60    |  |
| 18        | 60    | $N1=8D=8 \times 0,6=4,8$<br>$N2=4D=4 \times 0,6=2,4$ |
| 20        | 60    |  |
| 22        | 60    | $N1=8D=8 \times 0,6=4,8$<br>$N2=4D=4 \times 0,6=2,4$ |
| 24        | 60    |  |
| 26        | 60    | $N1=8D=8 \times 0,6=4,8$<br>$N2=4D=4 \times 0,6=2,4$ |
| 28        | 60    |  |
| 30        | 60    | $N1=8D=8 \times 0,6=4,8$<br>$N2=4D=4 \times 0,6=2,4$ |
|           |       |  |

**Gambar 5.15 Posisi Tiang Terhadap Data N-SPT Diameter 0,6 m**



**Gambar 5.16 Posisi Tiang Terhadap Grafik SPT Diameter 0,6 m**

## a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,6^2 \\
 &= 0,2827 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \pi \cdot D \\
 &= \pi \cdot 0,6 \\
 &= 1,885 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 8D &= 8 \cdot 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4D &= 4 \cdot 0,6 \\
 &= 2,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_b &= \frac{(4,8 \cdot 60) + (2,4 \cdot 60)}{7,2} \\
 &= 60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 40 \times \text{N-SPT} \times (\text{Lb/d}) \times A_p \leq 400 \cdot N_b \cdot (A_p) \\
 &= 40 \times 60 \times \left(\frac{12}{0,6}\right) \times 0,2827 \leq 400 \cdot 60 \cdot 0,2827 \\
 &= 13569,600 \text{ kN} \leq 6784,800 \text{ kN} \\
 &= 680,930 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

b. Tahanan Geser Selimut Tiang Perpindahan Besar (*large displacement pile*)

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 2 \times \text{N-SPT} \times p \times L_i \\
 &= 2 \times 60 \times 1,885 \times 12
 \end{aligned}$$

$$= 2714,400 \text{ kN}$$

$$= 272,420 \text{ Ton}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned} Q_{ultimate} &= Q_p + Q_s \\ &= 680,930 + 272,420 \\ &= 953,350 \text{ Ton} \end{aligned}$$

d. Kapasitas Dukung Izin Tiang

$$\begin{aligned} Q_{izin} &= \frac{Q_{ult}}{SF} - W_p \\ &= \frac{953,350}{3} - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,6^2 \cdot 2,4 \cdot 12 \\ &= 309,640 \text{ Ton} \end{aligned}$$

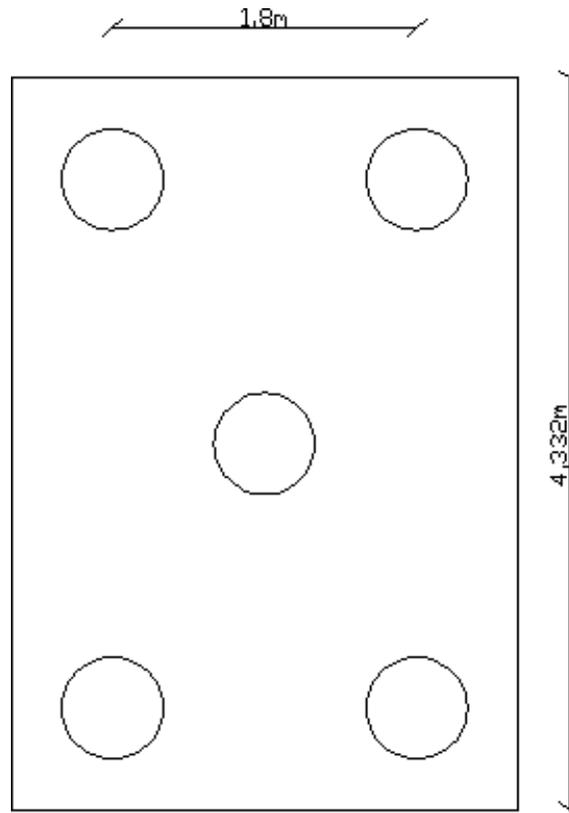
e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{Q_{izin}} \\ &= \frac{1412,566}{309,640} \\ &= 4,562 \\ &= 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

f. Jarak Tiang

$$\begin{aligned} s &= 3 \cdot D \\ &= 3 \cdot 0,6 \\ &= 1,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk susunan tiang pancang diameter 0,6 m menggunakan data SPT dapat dilihat Gambar 5.17 di bawah ini.



**Gambar 5.17 Susunan Tiang Pancang Diameter 0,6 m Data SPT**

g. Efisiensi Kelompok Tiang

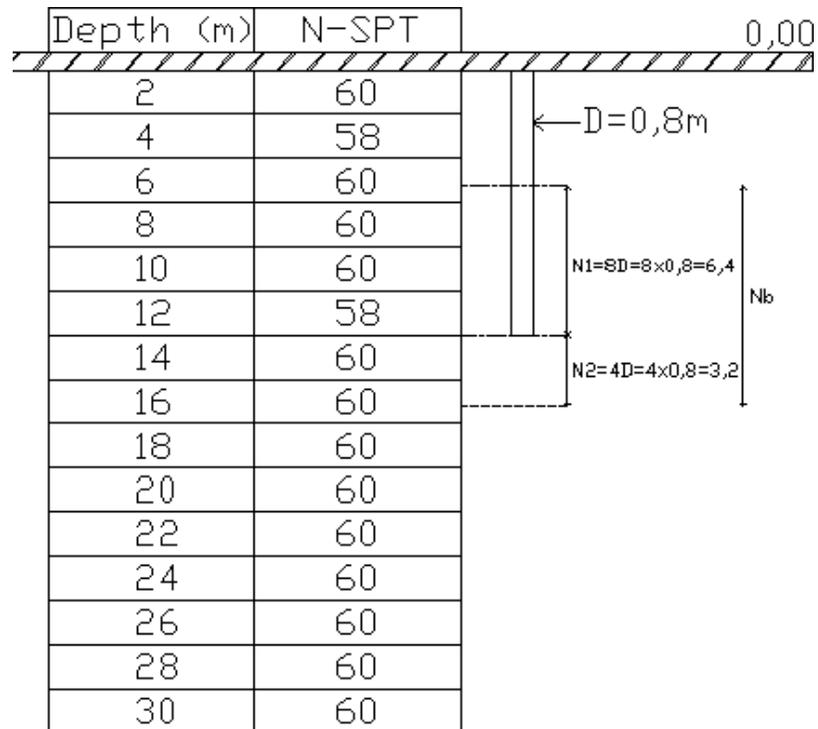
Karena nilai  $S \geq 3.D$ , maka nilai  $E_g$  adalah 1

h. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

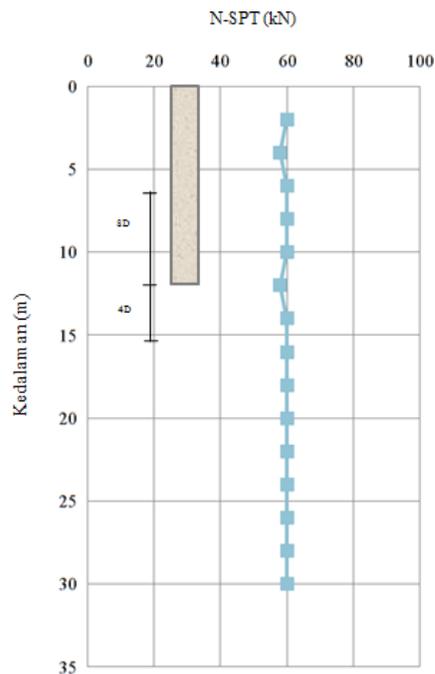
$$\begin{aligned}
 Q_g &= n \cdot Q_{izin} \cdot E_g \\
 &= 5 \cdot 309,640 \cdot 1 \\
 &= 1548,200 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

### 3. Tiang Pancang Diameter 0,8 m

Untuk menghitung kapasitas dukung dari data SPT, diperlukan data hasil pengujian SPT. Berikut merupakan posisi tiang terhadap data N-SPT dan grafik SPT dengan diameter 0,8 m yang dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan 5.19 berikut.



**Gambar 5.18 Posisi Tiang Terhadap Data N-SPT Diameter 0,8 m**



**Gambar 5.19 Posisi Tiang Terhadap Grafik SPT Diameter 0,8 m**

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= \pi \cdot D \\ &= \pi \cdot 0,8 \\ &= 2,513 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8D &= 8 \cdot 0,8 \\ &= 6,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4D &= 4 \cdot 0,8 \\ &= 3,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_b &= \frac{(6,4 \cdot 60) + (3,2 \cdot 60)}{9,6} \\ &= 60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times \text{N-SPT} \times (\text{Lb/d}) \times A_p \leq 400 \cdot N_b \cdot (A_p) \\ &= 40 \times 60 \times \left(\frac{12}{0,8}\right) \times 0,5024 \leq 400 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\ &= 18086,400 \text{ kN} \leq 12057,600 \text{ kN} \\ &= 1210,114 \text{ Ton} \end{aligned}$$

b. Tahanan Geser Selimut Tiang Perpindahan Besar (*large displacement pile*)

$$\begin{aligned} Q_s &= 2 \times \text{N-SPT} \times p \times L_i \\ &= 2 \times 60 \times 2,513 \times 12 \end{aligned}$$

$$= 3618,720 \text{ kN}$$

$$= 363,179 \text{ Ton}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned} Q_{ultimate} &= Q_p + Q_s \\ &= 1210,114 + 363,179 \\ &= 1573,293 \text{ Ton} \end{aligned}$$

d. Kapasitas Dukung Izin Tiang

$$\begin{aligned} Q_{izin} &= \frac{Q_{ult}}{SF} - W_p \\ &= \frac{1573,293}{3} - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \cdot 2,4 \cdot 12 \\ &= 509,955 \text{ Ton} \end{aligned}$$

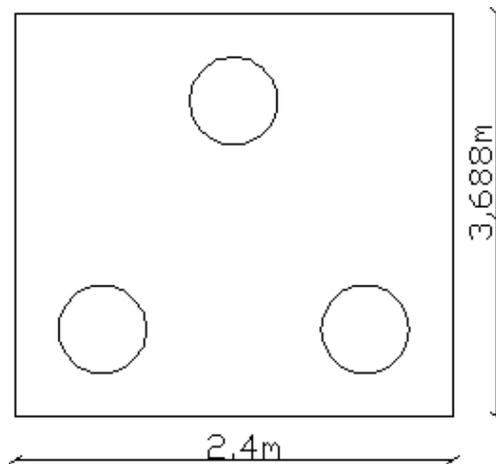
e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{Q_{izin}} \\ &= \frac{1412,566}{509,955} \\ &= 2,770 \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

f. Jarak Tiang

$$\begin{aligned} s &= 3 \cdot D \\ &= 3 \cdot 0,8 \\ &= 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk susunan tiang pancang diameter 0,8 m menggunakan data SPT dapat dilihat Gambar 5.20 di bawah ini.



**Gambar 5.20 Susunan Tiang Bor Diameter 0,8 m Data SPT**

g. Efisiensi Kelompok Tiang

Karena nilai  $S \geq 3.D$ , maka nilai  $E_g$  adalah 1

h. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} Q_g &= n \cdot Q_{izin} \cdot E_g \\ &= 3 \cdot 509,955 \cdot 1 \\ &= 1529,865 \text{ Ton} \end{aligned}$$

### 5.3.2 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Bor Kondisi *Existing*

1. Berdasarkan Data Sondir Diameter 0,8 m

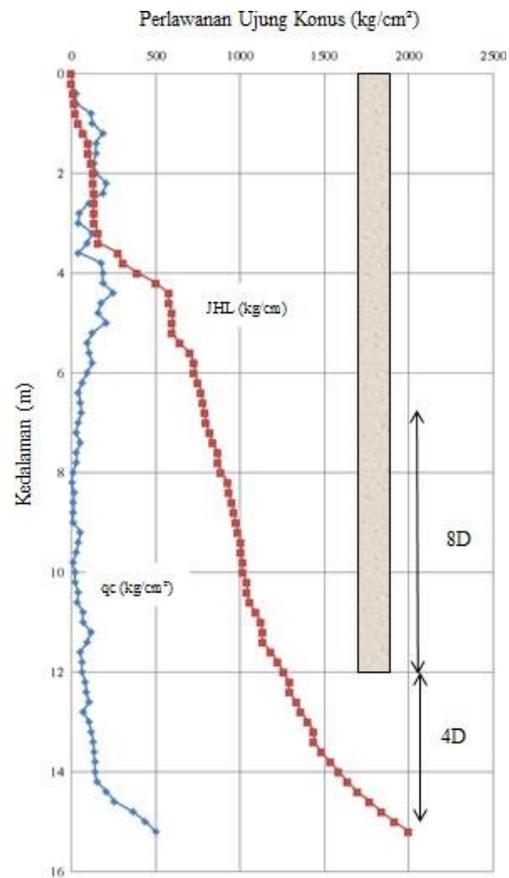
Analisis kapasitas dukung kondisi *existing* menggunakan tiang bor dengan panjang tiang 12 m dan diameter 0,8 m dapat dihitung berdasarkan data Sondir dan SPT, berikut di bawah ini merupakan analisis untuk kondisi *existing* :

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned} \text{Luas (A}_p) &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 80^2 \\ &= 5024 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 \text{Keliling tiang (p)} &= \pi \cdot D \\
 &= \pi \cdot 80 \\
 &= 251,327 \text{ cm} \\
 &= 2,513 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Grafik uji sondir terhadap posisi tiang diameter 0,8 m titik S-20 kondisi *existing* dapat dilihat Gambar 5.21 berikut.



**Gambar 5.21 Grafik Uji Sondir Terhadap Posisi Tiang Diameter 0,8 m Kondisi Existing**

$$q_{c1} = \frac{(104,04 \cdot 0,2) + (124,85 \cdot 0,2) + (93,64 \cdot 0,2) + (62,42 \cdot 0,2) + (41,62 \cdot 0,2) + \dots}{6,4}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(52,02 \cdot 0,2)+(60,34 \cdot 0,2)+(41,62 \cdot 0,2)+(26,01 \cdot 0,2)+(52,02 \cdot 0,2)+}{6,4} \\
&= \frac{(31,21 \cdot 0,2)+(31,21 \cdot 0,2)+(10,40 \cdot 0,2)+(2,08 \cdot 0,2)+(15,61 \cdot 0,2)+}{6,4} \\
&= \frac{(12,48 \cdot 0,2)+(12,48 \cdot 0,2)+(10,40 \cdot 0,2)+(52,02 \cdot 0,2)+(41,62 \cdot 0,2)+}{6,4} \\
&= \frac{(31,21 \cdot 0,2)+(10,40 \cdot 0,2)+(20,81 \cdot 0,2)+(20,81 \cdot 0,2)+(41,62 \cdot 0,2)+}{6,4} \\
&= \frac{(36,41 \cdot 0,2)+(67,63 \cdot 0,2)+(67,63 \cdot 0,2)+(114,44 \cdot 0,2)+(93,64 \cdot 0,2)+}{6,4} \\
&= \frac{(52,02 \cdot 0,2)+(62,42 \cdot 0,2)+(62,42 \cdot 0,2)}{6,4}
\end{aligned}$$

$$= 48,736 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
q_{c2} &= \frac{(62,42 \cdot 0,2)+(83,23 \cdot 0,2)+(88,43 \cdot 0,2)+(104,04 \cdot 0,2)+(72,83 \cdot 0,2)+}{3,2} \\
&= \frac{(104,04 \cdot 0,2)+(119,65 \cdot 0,2)+(130,05 \cdot 0,2)+(134,21 \cdot 0,2)+(139,41 \cdot 0,2)+}{3,2} \\
&= \frac{(140,45 \cdot 0,2)+(150,86 \cdot 0,2)+(208,08 \cdot 0,2)+(254,90 \cdot 0,2)+(364,14 \cdot 0,2)+}{3,2} \\
&= \frac{(436,97 \cdot 0,2)+(499,39 \cdot 0,2)}{3,2}
\end{aligned}$$

$$= 193,319 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
q_{ca} &= \frac{1}{2} \cdot (q_{c1} + q_{c2}) \\
&= \frac{1}{2} \cdot (48,736 + 193,319) \\
&= 121,028 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

maka kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) adalah

$$\begin{aligned}
Q_p &= q_c \cdot A_p \\
&= 121,028 \cdot 5024 \\
&= 608044,672 \text{ kg} \\
&= 608,045 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )

$$\begin{aligned}
 Q_s &= JHL \cdot p \\
 &= 1258,720 \cdot 251,327 \\
 &= 316350,321 \text{ kg} \\
 &= 316,350 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal ( $Q_{ultimate}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{ultimate} &= Q_p + Q_s \\
 &= (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot p) \\
 &= (121,028 \cdot 5024) + (1258,720 \cdot 251,327) \\
 &= 924394,993 \text{ kg} \\
 &= 924,395 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

d. Kapasitas Dukung Izin Pondasi ( $Q_{izin}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{izin} &= \frac{Q_{ult}}{2,5} - W_p \\
 &= \frac{924,395}{2,5} - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \cdot 2,4 \cdot 12 \\
 &= 355,282 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

e. Jumlah Tiang (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P}{Q_{izin}} \\
 &= \frac{1412,566}{355,282} \\
 &= 3,980 \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

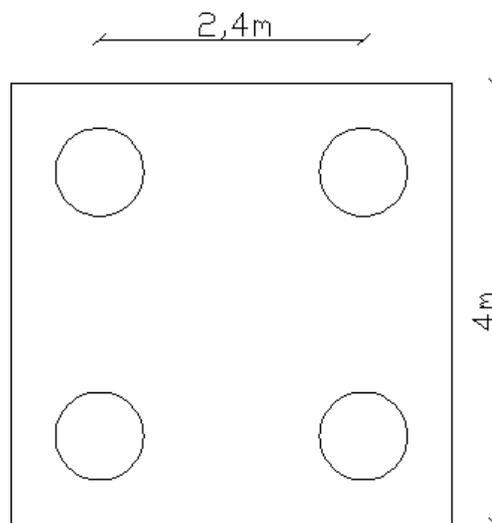
f. Jarak Tiang (s)

$$s = 3 \cdot D$$

$$= 3 \cdot 0,8$$

$$= 2,4$$

Untuk susunan tiang pancang diameter 0,8 m menggunakan data Sondir dapat dilihat Gambar 5.22 di bawah ini.



**Gambar 5.22 Susunan Tiang Bor Diameter 0,8 m Data Sondir Kondisi Existing**

g. Efisiensi Kelompok Tiang ( $E_g$ )

Karena nilai  $S \geq 3 \cdot D$ , maka nilai  $E_g$  adalah 1

h. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang ( $Q_g$ )

$$Q_g = n \cdot Q_{izin} \cdot E_g$$

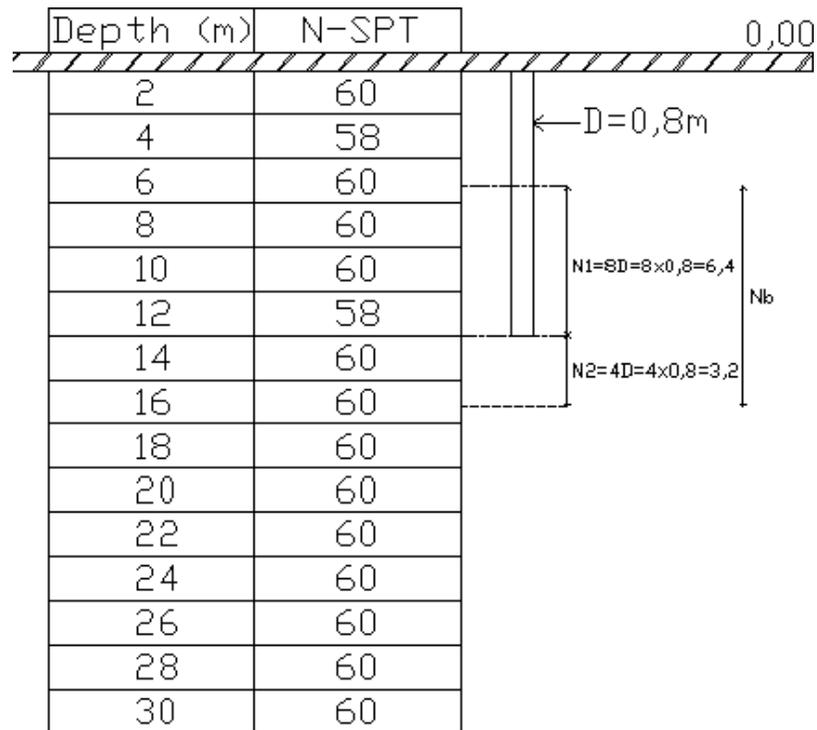
$$= 4 \cdot 355,282 \cdot 1$$

$$= 1421,128 \text{ Ton}$$

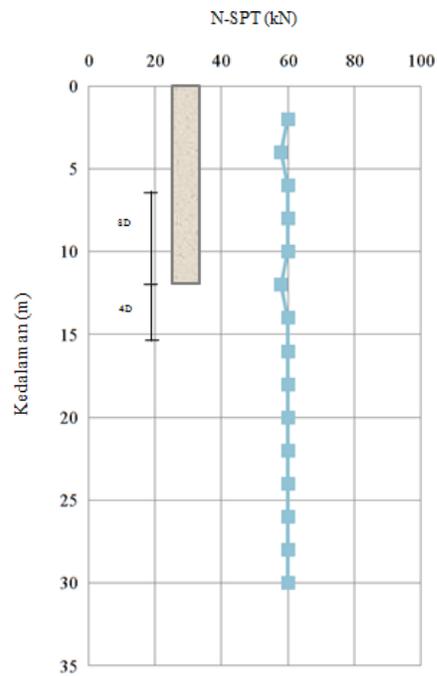
2. Berdasarkan Data SPT Diameter 0,8 m

Untuk menghitung kapasitas dukung dari data SPT, diperlukan data hasil pengujian SPT. Berikut merupakan posisi tiang terhadap data N-SPT dan grafik

SPT kondisi *existing* dengan diameter 0,8 m yang dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan 5.24 berikut.



**Gambar 5.23 Posisi Tiang Terhadap Data N-SPT Diameter 0,8 m Kondisi *Existing***



**Gambar 5.24 Posisi Tiang Terhadap Grafik SPT Diameter 0,8 m Kondisi Existing**

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \pi \cdot D \\
 &= \pi \cdot 0,8 \\
 &= 2,513 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 8D &= 8 \cdot 0,8 \\
 &= 6,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4D &= 4 \cdot 0,8
 \end{aligned}$$

$$= 3,2$$

$$N_b = \frac{(6,4 \cdot 60) + (3,2 \cdot 60)}{9,6}$$

$$= 60$$

$$Q_p = 40 \times \text{N-SPT} \times (\text{Lb/d}) \times A_p \leq 400 \cdot N_b \cdot (A_p)$$

$$= 40 \times 60 \times \left(\frac{12}{0,8}\right) \times 0,5024 \leq 400 \cdot 60 \cdot 0,5024$$

$$= 18086,400 \text{ kN} \leq 12057,600 \text{ kN}$$

$$= 1210,114 \text{ Ton}$$

b. Tahanan Geser Selimut Tiang Perpindahan Besar (*large displacement pile*)

$$Q_s = 2 \times \text{N-SPT} \times p \times L_i$$

$$= 2 \times 60 \times 2,513 \times 12$$

$$= 3618,720 \text{ kN}$$

$$= 363,179 \text{ Ton}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$Q_{ultimate} = Q_p + Q_s$$

$$= 1210,114 + 363,179$$

$$= 1573,293 \text{ Ton}$$

d. Kapasitas Dukung Izin Tiang

$$Q_{izin} = \frac{Q_{ult}}{SF} - W_p$$

$$= \frac{1573,293}{2,5} - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \cdot 2,4 \cdot 12$$

$$= 614,841 \text{ Ton}$$

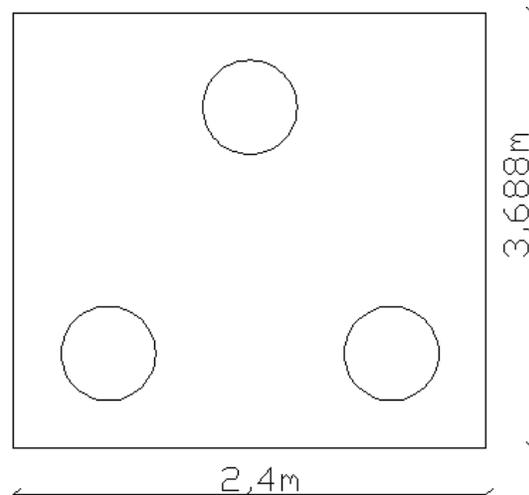
e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P}{Q_{izin}} \\
 &= \frac{1412,566}{614,841} \\
 &= 2,297 \\
 &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

f. Jarak Tiang

$$\begin{aligned}
 s &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,8 \\
 &= 2,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk susunan tiang pancang diameter 0,8 m kondisi *existing* menggunakan data SPT dapat dilihat Gambar 5.25 di bawah ini.



**Gambar 5.25 Susunan Tiang Bor Diameter 0,8 m Data SPT Kondisi *Existing***

g. Efisiensi Kelompok Tiang

Karena nilai  $S \geq 3.D$ , maka nilai  $E_g$  adalah 1

h. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_g &= n \cdot Q_{izin} \cdot E_g \\
 &= 3 \cdot 614,841 \cdot 1 \\
 &= 1844,523 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3.3 Penurunan Pondasi Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang

Penurunan pondasi tiang pancang perlu memperhatikan penurunan pondasi tiang tunggal maupun penurunan kelompok tiang. Untuk perhiungan penurunan tiang tunggal menggunakan metode empiris dan penurunan kelompok tiang menggunakan metode *Vesic* (1977). Berikut merupakan analisis penurunan pondasi tiang pancang diameter 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m berdasarkan data Sondir dan SPT.

#### 1. Penurunan Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang dari Data Sondir

##### a. Penurunan Tiang Diameter 0,4 m

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Berat aksial (P)} &= 1412,566 \text{ Ton} \\
 \text{Berat tiang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,4^2 \cdot 2,4 \cdot 25 \cdot 12 \\
 &= 90,478 \text{ Ton} \\
 \text{Berat total (Q)} &= P + \text{Berat tiang} \\
 &= 1412,566 + 90,478 \\
 &= 1503,044 \text{ Ton} \\
 \text{Luas Penampang (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,4^2 \\
 &= 0,1256 \text{ m}^2 \\
 \text{Modulus Elastisitas (E}_p\text{)} &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{25} \\
 &= 2350000 \text{ Ton} \\
 \text{Penurunan (S)} &= \frac{P}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,4}{100} + \frac{1503,044 \cdot 12}{0,1256 \cdot 2350000} \\
 &= 0,065 \text{ m} \\
 \text{Jarak Tiang (s)} &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,4 \\
 &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Lebar Kelompok Tiang (Bg)} &= D + 4 \cdot S + D \\
 &= 0,4 + 4 \cdot 1,2 + 0,4 \\
 &= 5,6 \text{ m} \\
 \text{Kelompok Tiang (Sg)} &= S \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}} \\
 &= 0,065 \cdot \sqrt{\frac{5,6}{0,4}} \\
 &= 0,243 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Penurunan Tiang Diameter 0,6 m

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 0,6 \text{ m} \\
 \text{Berat aksial (P)} &= 1412,566 \text{ Ton} \\
 \text{Berat tiang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \cdot 2,4 \cdot 12 \cdot 12 \\
 &= 97,716 \text{ Ton} \\
 \text{Berat total (Q)} &= P + \text{Berat tiang} \\
 &= 1412,566 + 97,716 \\
 &= 1510,282 \text{ Ton} \\
 \text{Luas Penampang (Ap)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,2827 \text{ m}^2 \\
 \text{Modulus Elastisitas (Ep)} &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{25} \\
 &= 2350000 \text{ Ton} \\
 \text{Penurunan (S)} &= \frac{P}{100} + \frac{Q \cdot L}{Ap \cdot Ep}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,6}{100} + \frac{1510,282 \cdot 12}{0,2827 \cdot 2350000} \\
 &= 0,033 \text{ m} \\
 \text{Jarak Tiang (s)} &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,6 \\
 &= 1,8 \text{ m} \\
 \text{Lebar Kelompok Tiang (Bg)} &= D + 2 \cdot S + D \\
 &= 0,6 + 4 \cdot 1,8 + 0,6 \\
 &= 8,4 \text{ m} \\
 \text{Kelompok Tiang (Sg)} &= S \cdot \sqrt{\frac{\text{Bg}}{D}} \\
 &= 0,033 \cdot \sqrt{\frac{8,4}{0,6}} \\
 &= 0,123 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Penurunan Tiang Diameter 0,8 m

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Berat aksial (P)} &= 1412,566 \text{ Ton} \\
 \text{Berat tiang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \cdot 2,4 \cdot 6 \cdot 12 \\
 &= 86,860 \text{ Ton} \\
 \text{Berat total (Q)} &= P + \text{Berat tiang} \\
 &= 1412,566 + 86,860 \\
 &= 1499,426 \text{ Ton} \\
 \text{Luas Penampang (Ap)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 \text{Modulus Elastisitas (Ep)} &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{25} \\
 &= 2350000 \text{ Ton} \\
 \text{Penurunan (S)} &= \frac{P}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,8}{100} + \frac{1499,426 \cdot 12}{0,5024 \cdot 2350000} \\
&= 0,023 \text{ m} \\
\text{Jarak Tiang (s)} &= 3 \cdot D \\
&= 3 \cdot 0,8 \\
&= 2,4 \text{ m} \\
\text{Lebar Kelompok Tiang (Bg)} &= D + s + D \\
&= 0,8 + 2,4 + 0,8 \\
&= 4 \text{ m} \\
\text{Kelompok Tiang (Sg)} &= S \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}} \\
&= 0,023 \cdot \sqrt{\frac{4}{0,8}} \\
&= 0,051 \text{ m}
\end{aligned}$$

## 2. Penurunan Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang dari Data SPT

### a. Penurunan Tiang Diameter 0,4 m

$$\begin{aligned}
\text{Diameter (D)} &= 0,4 \text{ m} \\
\text{Berat aksial (P)} &= 1412,566 \text{ ton} \\
\text{Berat tiang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,4^2 \cdot 2,4 \cdot 9 \cdot 12 \\
&= 32,572 \text{ Ton} \\
\text{Berat total (Q)} &= P + \text{Berat tiang} \\
&= 1412,566 + 32,572 \\
&= 1445,138 \text{ Ton} \\
\text{Luas Penampang (Ap)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,4^2 \\
&= 0,1256 \text{ m}^2 \\
\text{Modulus Elastisitas (Ep)} &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
&= 4700 \cdot \sqrt{25} \\
&= 2350000 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penurunan (S)} &= \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\
 &= \frac{0,4}{100} + \frac{1445,138 \cdot 12}{0,1256 \cdot 2350000} \\
 &= 0,063 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tiang (s)} &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,4 \\
 &= 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Kelompok Tiang (Bg)} &= D + 2 \cdot s + D \\
 &= 0,4 + 2,4 + 0,4 \\
 &= 3,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kelompok Tiang (Sg)} &= S \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}} \\
 &= 0,063 \cdot \sqrt{\frac{3,2}{0,4}} \\
 &= 0,178 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Penurunan Tiang Diameter 0,6 m

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 0,6 \text{ m} \\
 \text{Berat aksial (P)} &= 1412,566 \text{ Ton} \\
 \text{Berat tiang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \cdot 2,4 \cdot 5 \cdot 12 \\
 &= 40,715 \text{ Ton} \\
 \text{Berat total (Q)} &= P + \text{Berat tiang} \\
 &= 1412,566 + 40,715 \\
 &= 1453,281 \text{ Ton} \\
 \text{Luas Penampang (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,2827 \text{ m}^2 \\
 \text{Modulus Elastisitas (E}_p\text{)} &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{25} \\
 &= 2350000 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penurunan (S)} &= \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\
 &= \frac{0,6}{100} + \frac{1453,281 \cdot 12}{0,2827 \cdot 2350000} \\
 &= 0,032 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tiang (s)} &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,6 \\
 &= 1,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Kelompok Tiang (Bg)} &= D + 0,87 \cdot s + D \\
 &= 0,6 + 1,566 + 0,6 \\
 &= 2,766 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kelompok Tiang (Sg)} &= S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\
 &= 0,032 \cdot \sqrt{\frac{2,766}{0,6}} \\
 &= 0,069 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Penurunan Tiang Diameter 0,8 m

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Berat aksial (P)} &= 1412,566 \text{ Ton} \\
 \text{Berat tiang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 12 \\
 &= 43,429 \text{ Ton} \\
 \text{Berat total (Q)} &= P + \text{Berat tiang} \\
 &= 1412,566 + 43,429 \\
 &= 1455,995 \text{ Ton} \\
 \text{Luas Penampang (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \\
 &= 0,5026 \text{ m}^2 \\
 \text{Modulus Elastisitas (E}_p\text{)} &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{25} \\
 &= 2350000 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penurunan (S)} &= \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\
 &= \frac{0,8}{100} + \frac{1455,995 \cdot 12}{0,5026 \cdot 2350000} \\
 &= 0,022 \text{ m} \\
 \text{Jarak Tiang (s)} &= 3 \cdot D \\
 &= 3 \cdot 0,8 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 \text{Lebar Kelompok Tiang (Bg)} &= D + 0,87 \cdot s + D \\
 &= 0,8 + 2,088 + 0,8 \\
 &= 3,688 \text{ m} \\
 \text{Kelompok Tiang (Sg)} &= S \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}} \\
 &= 0,022 \cdot \sqrt{\frac{3,688}{0,8}} \\
 &= 0,047 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 5.3.3.1 Penurunan Pondasi Tiang Bor Kondisi *Existing*

Berikut merupakan analisis penuru pondasi tiang tunggal dan kelompok tiang kondisi *existing* dengan menggunakan tiang bor diameter 0,8 m berdasarkan data Sondir dan SPT.

#### 1. Penurunan Tiang Tunggal dari Data Sondir

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Berat aksial (P)} &= 1412,566 \text{ Ton} \\
 \text{Berat tiang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \cdot 2,4 \cdot 4 \cdot 12 \\
 &= 57,906 \text{ Ton} \\
 \text{Berat total (Q)} &= P + \text{Berat tiang} \\
 &= 1412,566 + 57,906 \\
 &= 1470,472 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Penampang (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \\ &= 0,5026 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Modulus Elastisitas (E}_p\text{)} &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \cdot \sqrt{25} \\ &= 2350000 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Penurunan (S)} &= \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\ &= \frac{0,8}{100} + \frac{1470,472 \cdot 12}{0,5026 \cdot 2350000} \\ &= 0,016 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Tiang (s)} &= 3 \cdot D \\ &= 3 \cdot 0,8 \\ &= 2,4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar Kelompok Tiang (B}_g\text{)} &= D + s + D \\ &= 0,8 + 2,4 + 0,8 \\ &= 4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kelompok Tiang (S}_g\text{)} &= S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,016 \cdot \sqrt{\frac{4}{0,8}} \\ &= 0,036 \text{ m}\end{aligned}$$

## 2. Penurunan Kelompok Tiang dari Data SPT

$$\text{Diameter (D)} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Berat aksial (P)} = 1412,566 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat tiang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 12 \\ &= 43,429 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\text{Berat total (Q)} = P + \text{Berat tiang}$$

$$\begin{aligned}
&= 1412,566 + 43,429 \\
&= 1455,995 \text{ Ton} \\
\text{Luas Penampang (Ap)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \\
&= 0,5026 \text{ m}^2 \\
\text{Modulus Elastisitas (Ep)} &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
&= 4700 \cdot \sqrt{25} \\
&= 2350000 \text{ Ton} \\
\text{Penurunan (S)} &= \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\
&= \frac{0,8}{100} + \frac{1455,995 \cdot 12}{0,5026 \cdot 2350000} \\
&= 0,022 \text{ m} \\
\text{Jarak Tiang (s)} &= 3 \cdot D \\
&= 3 \cdot 0,8 \\
&= 2,4 \text{ m} \\
\text{Lebar Kelompok Tiang (Bg)} &= D + 0,87 \cdot s + D \\
&= 0,8 + 2,088 + 0,8 \\
&= 3,688 \text{ m} \\
\text{Kelompok Tiang (Sg)} &= S \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}} \\
&= 0,022 \cdot \sqrt{\frac{3,688}{0,8}} \\
&= 0,047 \text{ m}
\end{aligned}$$

### 5.3.3.2 Penurunan yang Diizinkan

Syarat aman untuk penurunan pondasi tiang tunggal harus kurang dari 10% . D dan untuk penurunan kelompok tiang harus kurang dari  $\frac{L}{250}$ . Berikut merupakan syarat penurunan yang diizinkan pada diameter 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m dan kondisi *existing* 0,8m.

1. Data Sondir

a. Diameter 0,4 m

$$\begin{aligned} S_{izin} &= \frac{L}{250} \\ &= \frac{12}{250} \\ &= 0,048 \text{ m} \\ S_g &= 0,243 \text{ m} \end{aligned}$$

maka,

$$S_g > S_{izin} \quad (\text{TIDAK AMAN})$$

b. Diameter 0,6 m

$$\begin{aligned} S_{izin} &= \frac{L}{250} \\ &= \frac{12}{250} \\ &= 0,048 \text{ m} \\ S_g &= 0,123 \end{aligned}$$

maka,

$$S > S_{izin} \quad (\text{TIDAK AMAN})$$

c. Diameter 0,8 m

$$\begin{aligned} S_{izin} &= \frac{L}{250} \\ &= \frac{12}{250} \\ &= 0,048 \text{ m} \\ S_g &= 0,051 \end{aligned}$$

maka,

$$S_g > S_{izin} \quad (\text{TIDAK AMAN})$$

d. Diameter 0,8 m Kondisi *Existing*

$$\begin{aligned} S_{izin} &= \frac{L}{250} \\ &= \frac{12}{250} \\ &= 0,048 \text{ m} \end{aligned}$$

$$S_g = 0,036$$

maka,

$$S_g < S_{izin} \quad (\text{AMAN})$$

2. Data SPT

a. Diameter 0,4 m

$$\begin{aligned} S_{izin} &= \frac{L}{250} \\ &= \frac{12}{250} \\ &= 0,048 \text{ m} \end{aligned}$$

$$S_g = 0,178 \text{ m}$$

maka,

$$S_g > S_{izin} \quad (\text{TIDAK AMAN})$$

b. Diameter 0,6 m

$$\begin{aligned} S_{izin} &= \frac{L}{250} \\ &= \frac{12}{250} \\ &= 0,048 \text{ m} \end{aligned}$$

$$S_g = 0,069 \text{ m}$$

maka,

$$S_g > S_{izin} \quad \text{(TIDAK AMAN)}$$

c. Diameter 0,8 m

$$\begin{aligned} S_{izin} &= \frac{L}{250} \\ &= \frac{12}{250} \\ &= 0,048 \text{ m} \end{aligned}$$

$$S_g = 0,047 \text{ m}$$

maka,

$$S_g < S_{izin} \quad \text{(AMAN)}$$

d. Diameter 0,8 m Kondisi *Existing*

$$\begin{aligned} S_{izin} &= \frac{L}{250} \\ &= \frac{12}{250} \\ &= 0,048 \text{ m} \end{aligned}$$

$$S_g = 0,047 \text{ m}$$

maka,

$$S_g < S_{izin} \quad \text{(AMAN)}$$

#### 5.3.4 Analisis Distribusi Beban ke Tiap Tiang Beban

Hasil dari analisis kelompok tiang pancang, maka tiang pancang yang terpilih adalah tiang dengan diameter 0,8 m dengan jumlah tiang 3 buah berdasarkan dari data SPT. Adapun perhitungan beban yang akan diterima setiap tiang (P) pada kelompok tiang sebagai berikut.

$$P_i = \frac{ZP}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{Z_x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{Z_y^2}$$

Beban-beban yang terdapat diatas tiang adalah :

$$\text{Beban aksial (P)} = 1412,566 \text{ Ton (dari pembebanan SAP2000)}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Pile Cap} &= \gamma \cdot t \cdot B \cdot H \\ &= 2,4 \cdot 1 \cdot 3,688 \cdot 4 \\ &= 35,405 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Tiang} &= A_p \cdot \gamma \cdot n \cdot L \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 12 \\ &= 43,429 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Total} &= 1412,566 + 35,405 + 43,429 \\ &= 1491,400 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Tiang} = 3 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \Sigma x^2 &= (2)^2 + (2)^2 \\ &= 8 \end{aligned}$$

$$\Sigma y^2 = 0$$

$$M_x = 4,665 \text{ Ton (dari pembebanan SAP2000)}$$

$$M_y = 129,874 \text{ Ton (dari pembebanan SAP2000)}$$

$$\begin{aligned} P1 &= \frac{ZP}{n} + \frac{M_y \cdot X_i}{Zx^2} + \frac{M_x \cdot Y_i}{Zy^2} \\ &= \frac{1491,400}{3} + \frac{129,874 \cdot 2}{8} + \frac{4,665 \cdot 0}{0} \\ &= 529,602 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= \frac{ZP}{n} - \frac{M_y \cdot X_i}{Zx^2} - \frac{M_x \cdot Y_i}{Zy^2} \\ &= \frac{1491,400}{3} - \frac{129,874 \cdot 2}{8} - \frac{4,665 \cdot 0}{0} \\ &= 464,665 \text{ Ton} \end{aligned}$$

### 5.3.5 Analisis Kekuatan Tiang Pancang

Mutu beton ( $f'c$ ) tiang pancang sebesar 25 Mpa dengan diameter tiang 0,8 m, serta panjang tiang 12 m. Dapat dihitung kekuatan tiangnya dengan perhitungan berikut ini.

$$\sigma = \frac{P}{A} < \sigma_{izin}$$

dengan :

$$P = 529,602 \text{ Ton}$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \\ = 0,5026 \text{ m}^2$$

maka nilai kekuatan tiang adalah

$$\sigma = \frac{529,602}{0,5026} \\ = 1053,725 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{izin} = K \cdot 301,205 \\ = 301,205 \cdot 0,83 \\ = 250 \text{ kg/m}^2 \\ = 2500 \text{ Ton/m}^2$$

maka,

$$\sigma = 1053,725 \text{ Ton/m}^2 < 2500 \text{ Ton/m}^2 \quad (\text{AMAN})$$

## 5.4 Pembahasan

Dalam merencanakan sebuah bangunan tidak lepas dari struktur atas dan bawah. Struktur atas terdiri dari kolom, balok, pelat, dan atap, sedangkan struktur

bawah merupakan pondasi. Fungsi pondasi yaitu meneruskan beban struktur atas ke lapisan tanah keras, sehingga dapat menahan beban tanpa terjadi kerusakan dan mengalami penurunan sesuai dengan batas yang ditentukan.

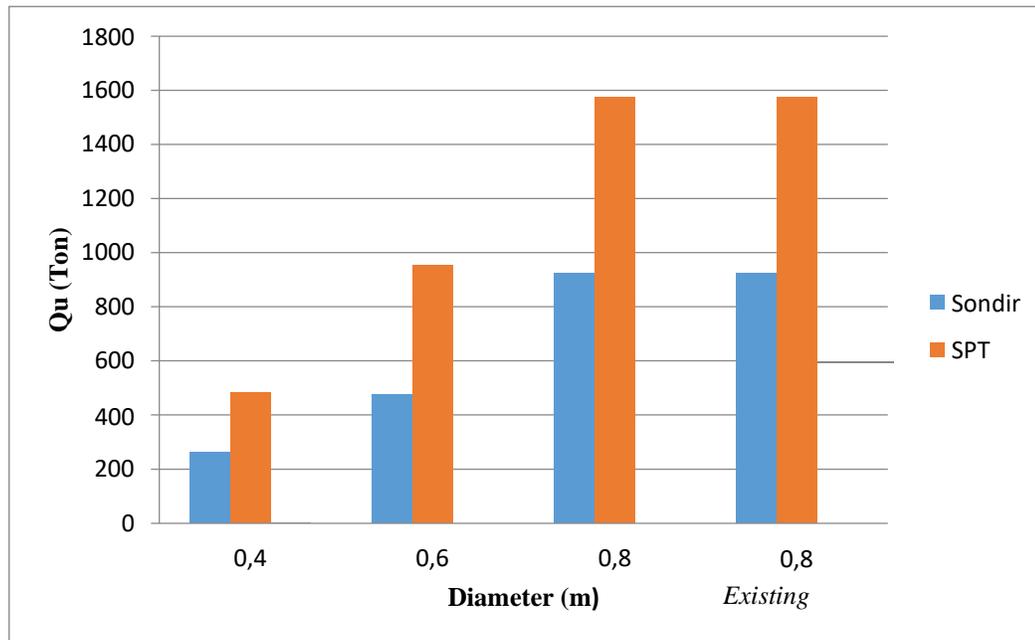
Data yang digunakan untuk analisis diperoleh dari proyek pembangunan gedung Fakultas Vokasi (TILC) Universitas Gadjah Mada yaitu PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM. Dimana data tersebut terdiri dari data uji Sondir dan SPT. Kedua data tersebut digunakan untuk menghitung kapasitas dukung pondasi tiang pancang dan penurunan pondasi.

#### 5.4.1 Hasil Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Tunggal

Hasil analisis kapasitas dukung pondasi tiang tunggal dari data pengujian Sondir yaitu titik S-20 dan pengujian SPT berada pada titik pengujian BH-09 dengan panjang tiang 12 m dan diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m, serta kondisi *existing* dengan menggunakan tiang bor dengan diameter 0,8 m. Kapasitas dukung pondasi tiang tunggal menggunakan metode *Mayerhoff* dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.26 di bawah ini.

**Tabel 5.2 Rekapitulasi Kapasitas Dukung Ultimit Pondasi Tiang Tunggal**

|          | Analisis Tiang Pancang |         |         |          |         |          | Tiang Bor |          |
|----------|------------------------|---------|---------|----------|---------|----------|-----------|----------|
|          | Data Sondir            |         |         | Data SPT |         |          | Sondir    | SPT      |
| D (m)    | 0,4                    | 0,6     | 0,8     | 0,4      | 0,6     | 0,8      | 0,8       | 0,8      |
| Qp (Ton) | 101,885                | 237,292 | 608,045 | 302,529  | 680,930 | 1210,114 | 608,045   | 1210,114 |
| Qs (Ton) | 158,196                | 237,206 | 316,350 | 181,662  | 272,420 | 363,179  | 316,350   | 363,179  |
| Qu (Ton) | 260,081                | 474,500 | 924,395 | 484,191  | 953,350 | 1573,293 | 924,395   | 1573,293 |



**Gambar 5.26 Hasil dan Perbandingan Kapasitas Dukung Ultimit Pondasi Tiang Tunggal**

Dari Tabel 5.2 dan Gambar 5.26 dapat dilihat nilai kapasitas dukung ultimit ( $Q_u$ ) pondasi tiang tunggal pada diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m dari data Sondir dan SPT. Untuk nilai kapasitas dukung ultimit ( $Q_u$ ) dari data Sondir dengan diameter 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m diperoleh nilai sebesar 260,081 Ton, 474,500 Ton, dan 924,395 Ton. Kemudian dari data SPT diperoleh nilai sebesar 484,191 Ton, 953,350 Ton, dan 1573,293 Ton. Sedangkan hasil analisis *existing* dengan menggunakan tiang bor serta diameter tiang tiang 0,8 m dan panjang tiang 12 m diperoleh nilai kapasitas dukung ultimit ( $Q_u$ ) dari data Sondir sebesar 924,395 Ton dan dari data SPT diperoleh sebesar 1573,293 Ton.

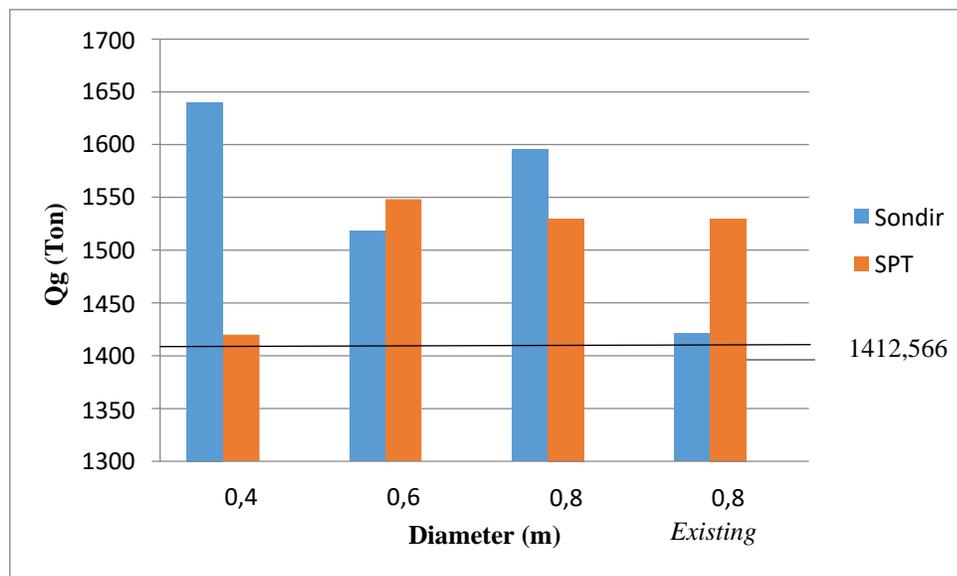
#### 5.4.2 Hasil Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Kelompok Tiang

Dari hasil kapasitas dukung pondasi tiang tunggal diperoleh jumlah tiang ( $n$ ) yang kemudian dapat diperoleh nilai kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ). Nilai kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) dari data Sondir dan SPT untuk

diameter 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m serta kondisi *existing* dengan menggunakan tiang bor diameter 0,8 m dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.27 berikut ini.

**Tabel 5.3 Rekapitulasi Kapasitas Dukung Pondasi Kelompok Tiang**

|                         | Analisis Tiang Pancang |          |          |          |          |          | Tiang Bor |          |
|-------------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
|                         | Data Sondir            |          |          | Data SPT |          |          | Sondir    | SPT      |
| D (m)                   | 0,4                    | 0,6      | 0,8      | 0,4      | 0,6      | 0,8      | 0,8       | 0,8      |
| SF                      | 3                      | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 2,5       | 2,5      |
| Q <sub>izin</sub> (Ton) | 65,601                 | 126,539  | 265,952  | 157,778  | 309,640  | 509,955  | 355,282   | 614,841  |
| n (jumlah tiang)        | 25                     | 12       | 6        | 9        | 5        | 3        | 4         | 3        |
| E <sub>g</sub>          | 1                      | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1         | 1        |
| Q <sub>g</sub> (Ton)    | 1640,025               | 1518,468 | 1595,712 | 1420,002 | 1548,200 | 1529,865 | 1421,128  | 1844,523 |
| Cek                     | Aman                   | Aman     | Aman     | Aman     | Aman     | Aman     | Aman      | Aman     |



**Gambar 5.27 Hasil dan Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Kelompok Tiang**

Dari Tabel 5.3 dan Gambar 5.27 diperoleh nilai kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) untuk diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, dan kondisi *existing* dengan diameter 0,8 m. Untuk hasil dari data Sondir diperoleh nilai dari masing-masing diameter sebesar 1640,025 Ton, 1518,468 Ton, dan 1595,712 Ton.



|       | Analisis Tiang Pancang |            |            |            |            |      | Tiang Bor |      |
|-------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------|-----------|------|
|       | Data Sondir            |            |            | Data SPT   |            |      | Sondir    | SPT  |
| D (m) | 0,4                    | 0,6        | 0,8        | 0,4        | 0,6        | 0,8  | 0,8       | 0,8  |
| Cek   | Tidak Aman             | Tidak Aman | Tidak Aman | Tidak Aman | Tidak Aman | Aman | Aman      | Aman |

Dari tabel penurunan pondasi diatas dapat dilihat nilai penurunan pondasi tiang tunggal dan kelompok tiang, baik dari data Sondir maupun SPT. Untuk penurunan tiang tunggal dari data Sondir untuk diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m masing-masing nilainya sebesar 0,065 m, 0,033 m, 0,023 m, dan untuk penurunan kelompok sebesar 0,243 m, 0,123 m, 0,051 m. Kemudian dari data SPT untuk nilai penurunan tiang tunggal diameter 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m masing-masing nilainya sebesar 0,063 m, 0,032 m, 0,022 m, sedangkan nilai penurunan kelompok tiang masing-masing sebesar 0,178 m, 0,069 m, 0,047 m. Kemudian untuk kondisi *existing* menggunakan tiang bor dengan diameter 0,8 m, penurunan tiang tunggal dari data Sondir sebesar 0,016 m dan dari data SPT sebesar 0,022 m. Dan hasil penurunan kelompok tiang dari data Sondir sebesar 0,036 dan berdasarkan data SPT sebesar 0,047 m.

Nilai penurunan pondasi di atas tidak semua aman untuk digunakan setelah dicek penurunan izin pondasi. Untuk penurunan tiang tunggal harus kurang dari 10%. D, sedangkan untuk nilai penurunan kelompok tiang harus kurang dari  $\frac{L}{250}$ . Maka dari penurunan tiang pondasi yang paling aman digunakan yaitu diameter 0,8 m dari data SPT dengan nilai penurunan tiang pondasi sebesar 0,047 m.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis kapasitas dukung menggunakan metode *Mayerhoff* dan penurunan pondasi tiang pancang menggunakan metode *Vesic* (1977) dengan panjang tiang 12 m dapat diperoleh :

1. hasil analisis kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) untuk diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m berdasarkan data Sondir diperoleh nilai dari masing-masing diameter sebesar 1640,025 Ton, 1518,468 Ton, dan 1595,712 Ton. Sedangkan untuk hasil dari data SPT diperoleh nilai dari masing-masing diameter sebesar 1420,002 Ton, 1548,200 Ton, dan 1529,865 Ton. Sedangkan berdasarkan data SPT masing-masing diameter diperoleh sebesar 1420,002 Ton, 1548,200 Ton, dan 1421,128 Ton. Hasil penurunan kelompok tiang ( $S_g$ ) berdasarkan data Sondir masing-masing diameter diperoleh sebesar 0,243 Ton, 0,123 Ton, dan 0,051 Ton. Untuk nilai penurunan tiang berdasarkan data SPT masing-masing diperoleh sebesar 0,178 m, 0,069 m, dan 0,047. Maka dari hasil analisis kapasitas dukung dan penurunan pondasi tersebut tiang yang aman untuk digunakan adalah dengan diameter 0,8 m berdasarkan data SPT dengan nilai penurunan tiang pondasi paling aman,
2. kapasitas dukung pondasi kelompok tiang ( $Q_g$ ) untuk konsisi *existing* dengan diameter 0,8 m berdasarkan data Sondir diperoleh sebesar 1421,128 Ton, sedangkan berdasarkan data SPT diperoleh sebesar 1844,523. Kemudian penurunan kelompok tiang berdasarkan data Sondir diperoleh sebesar 0,036 m dan berdasarkan data SPT diperoleh sebesar 0,047 m.

## **6.2 Saran**

Saran yang bisa Penulis sampaikan adalah untuk hasil analisis yang lebih baik dapat dilakukan analisis-analisis berikutnya seperti :

1. menghitung kapasitas daya dukung pondasi dengan metode lainnya,
2. serta melakukan analisis dengan dukungan perangkat lunak atau *software* seperti Plaxis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Husnah, H. 2015. Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 & 6. *Tugas Akhir*. Universitas Abdurrab. Riau.
- Prahastini, Dwi. 2010. Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Kelompok Pada Proyek Pembangunan Gedung DPRD Sumatera Utara Medan. *Tugas Akhir*. Universitas Sumatera Utara.
- Ginting, Andri Sapora dan Rudi Iskandar. 2013. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Sistem Hidrolis Pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Universitas Negeri Medan. *Tugas Akhir*. Universitas Sumatera Utara.
- Utama, Ansyari Sultan. 2013. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Switchyard di Kawasan PLTU Pangkalan Susu – Sumatera Utara. *Tugas Akhir*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Yusti, Andi. 2014. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan Capwap. *Tugas Akhir*. Universitas Bangka Belitung.
- Simalango, Astrya. 2017. Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga pada Bore Hole II. *Tugas Akhir*. Universitas Sumatera Utara.
- Dirgananta, Muhammad Fahri. 2018. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki & De Alencar, dan Luciano Decourt. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sardjono H. S. 1988. Pondasi Tiang Pancang. Sinar Wijaya. Surabaya.
- Sulistia, Ayu Fithrosyam. 2018. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Meyerhoff. *Tugas Akhir*. Universitas Mataram. Nusa Tenggara Barat.
- Bowles, J. E., 1997, Foundation Analysis and Design, Fifth Edition, Washington D.c.
- Vesic, A.S. 1977. *Design of Pile Foundations*. NCHRP Synthesis of Practice No.42. Washington D.c : Transportation Research Board, 68.

- P.N, Aditya Rakit. 2007. Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Jembatan Bantar III. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hardiyatmo , H.C. 2010. *Mekanika Tanah 2*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo. H.C., 2019. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 1726 : 2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 1726-2002vStandar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta.

# LAMPIRAN

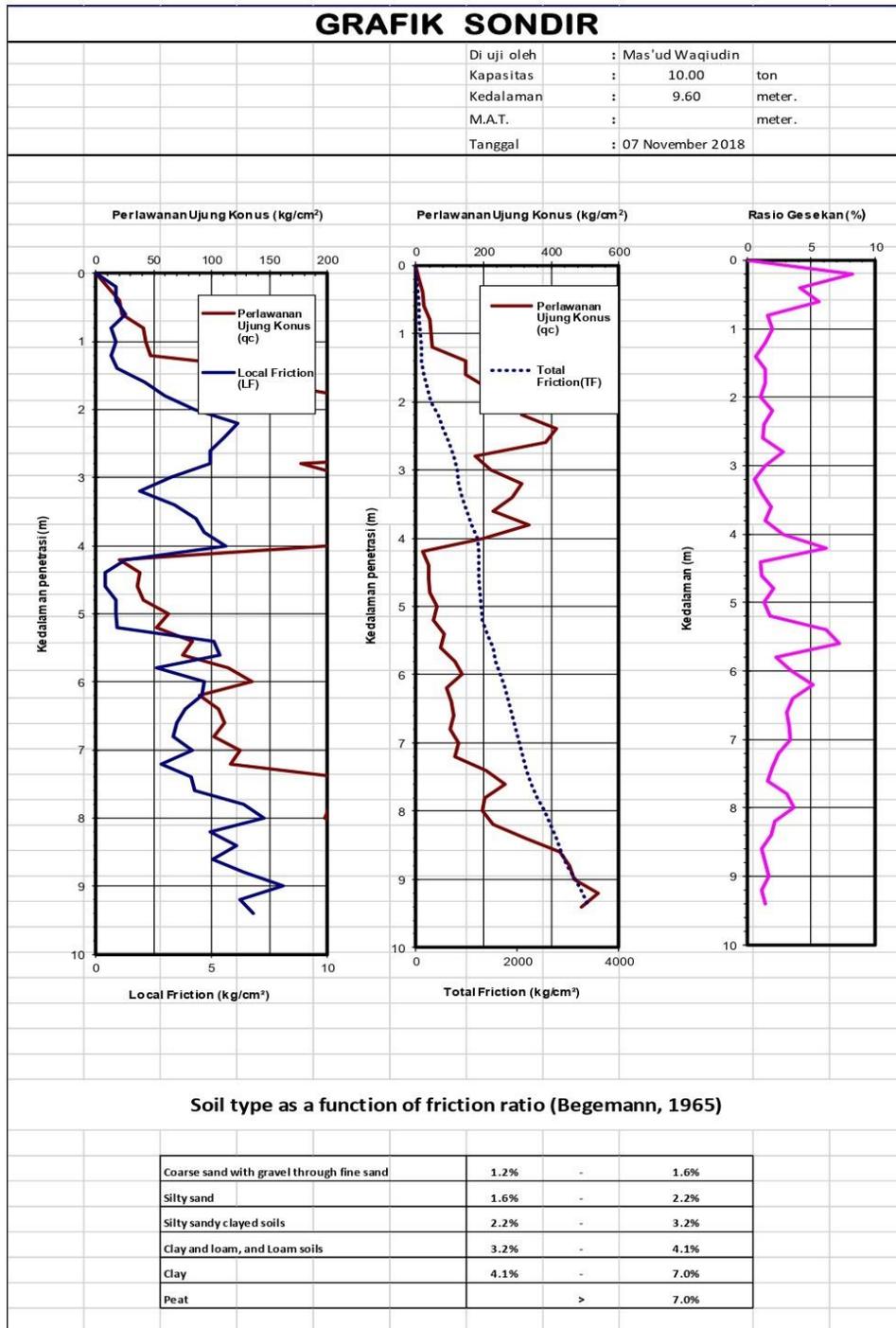
## Lampiran 1 Data Tanah

Lampiran data tanah yang digunakan Penulis dalam menganalisis kapasitas daya dukung dan penurunan pondasi tiang pacang dapat dilihat pada data pendukung atau lampiran di bawah ini.

| DATA PEMBACAAN SONDIR |                         |                         |                         |                         |                         |            |                           |                |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|----------------|
| Project               | : SOIL INVESTIGATION    |                         |                         | Date                    | : 07 November 2018      |            |                           |                |
| Location              | : FAK. SEKOLAH VOKASI   |                         |                         | Capacity                | : 10.00                 | Tonnes     |                           |                |
| Sounding No.          | : S-19                  |                         |                         | Sounding B              | : Mas'ud Waqiudin       |            |                           |                |
| Koordinat             | : 7°46'26.25"S          |                         |                         |                         | D pl                    | 3.570      | cm                        |                |
|                       | : 110°22'19.23"E        |                         |                         |                         | Da                      | 3.585      | cm                        |                |
|                       |                         |                         |                         |                         | Db                      | 3.500      | cm                        |                |
|                       |                         |                         |                         |                         | L                       | 10.385     | cm                        |                |
|                       |                         |                         |                         |                         | $\frac{Da + Db}{2}$     | 3.5425     | cm                        |                |
|                       |                         |                         |                         |                         | A pl                    | 10.00      | cm <sup>2</sup>           |                |
|                       |                         |                         |                         |                         | A con                   | 9.62       | cm <sup>2</sup>           |                |
|                       |                         |                         |                         |                         | Calibration manometer   | -          | (15 kg/cm <sup>2</sup> )  |                |
|                       |                         |                         |                         |                         | Calibration manometer   |            | (100 kg/cm <sup>2</sup> ) |                |
|                       |                         |                         |                         |                         | Calibration manometer   |            | (250 kg/cm <sup>2</sup> ) |                |
| Depth                 | Cw                      | Tw                      | Kw                      | qc                      | LF                      | 20 cm. LF  | TF                        | Friction Ratio |
| ( m )                 | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm ) | ( kg/ cm )                | %              |
| 0                     | 0                       | 0                       | 0                       | 0                       | 0                       | 0          | 0                         | 0              |
| 0.20                  | 10                      | 20                      | 10                      | 10.40                   | 0.85                    | 17.06      | 17.06                     | 8.20           |
| 0.40                  | 15                      | 25                      | 10                      | 20.81                   | 0.85                    | 17.06      | 34.11                     | 4.10           |
| 0.60                  | 20                      | 35                      | 15                      | 22.89                   | 1.28                    | 25.58      | 59.70                     | 5.59           |
| 0.80                  | 22                      | 30                      | 8                       | 41.62                   | 0.68                    | 13.64      | 73.34                     | 1.64           |
| 1.00                  | 40                      | 50                      | 10                      | 43.70                   | 0.85                    | 17.06      | 90.40                     | 1.95           |
| 1.20                  | 42                      | 50                      | 8                       | 46.82                   | 0.68                    | 13.64      | 104.04                    | 1.46           |
| 1.40                  | 45                      | 56                      | 11                      | 145.66                  | 0.94                    | 18.76      | 122.80                    | 0.64           |
| 1.60                  | 140                     | 165                     | 25                      | 145.66                  | 2.13                    | 42.64      | 165.44                    | 1.46           |
| 1.80                  | 205                     | 240                     | 35                      | 213.28                  | 2.98                    | 59.70      | 225.14                    | 1.40           |
| 2.00                  | 370                     | 420                     | 50                      | 384.95                  | 4.26                    | 85.28      | 310.42                    | 1.11           |
| 2.20                  | 300                     | 372                     | 72                      | 312.12                  | 6.14                    | 122.80     | 433.22                    | 1.97           |
| 2.40                  | 400                     | 465                     | 65                      | 416.16                  | 5.54                    | 110.86     | 544.08                    | 1.33           |
| 2.60                  | 370                     | 428                     | 58                      | 384.95                  | 4.95                    | 98.92      | 643.01                    | 1.28           |
| 2.80                  | 170                     | 228                     | 58                      | 176.87                  | 4.95                    | 98.92      | 741.93                    | 2.80           |
| 3.00                  | 212                     | 250                     | 38                      | 220.56                  | 3.24                    | 64.81      | 806.74                    | 1.47           |

|      |     |     |    |        |      |        |         |      |
|------|-----|-----|----|--------|------|--------|---------|------|
| 3.20 | 300 | 322 | 22 | 312.12 | 1.88 | 37.52  | 844.26  | 0.60 |
| 3.40 | 275 | 315 | 40 | 286.11 | 3.41 | 68.22  | 912.49  | 1.19 |
| 3.60 | 220 | 271 | 51 | 228.89 | 4.35 | 86.98  | 999.47  | 1.90 |
| 3.80 | 320 | 375 | 55 | 332.93 | 4.69 | 93.81  | 1093.28 | 1.41 |
| 4.00 | 190 | 256 | 66 | 197.68 | 5.63 | 112.57 | 1205.85 | 2.85 |
| 4.20 | 20  | 35  | 15 | 20.81  | 1.28 | 25.58  | 1231.43 | 6.15 |
| 4.40 | 37  | 42  | 5  | 38.49  | 0.43 | 8.53   | 1239.96 | 1.11 |
| 4.60 | 35  | 40  | 5  | 36.41  | 0.43 | 8.53   | 1248.49 | 1.17 |
| 4.80 | 40  | 50  | 10 | 41.62  | 0.85 | 17.06  | 1265.54 | 2.05 |
| 5.00 | 60  | 70  | 10 | 62.42  | 0.85 | 17.06  | 1282.60 | 1.37 |
| 5.20 | 50  | 61  | 11 | 52.02  | 0.94 | 18.76  | 1301.36 | 1.80 |
| 5.40 | 80  | 140 | 60 | 83.23  | 5.12 | 102.34 | 1403.70 | 6.15 |
| 5.60 | 72  | 135 | 63 | 74.91  | 5.37 | 107.45 | 1511.15 | 7.17 |
| 5.80 | 110 | 141 | 31 | 114.44 | 2.64 | 52.87  | 1564.02 | 2.31 |
| 6.00 | 130 | 185 | 55 | 135.25 | 4.69 | 93.81  | 1657.83 | 3.47 |
| 6.20 | 86  | 140 | 54 | 89.47  | 4.61 | 92.10  | 1749.93 | 5.15 |
| 6.40 | 102 | 147 | 45 | 106.12 | 3.84 | 76.75  | 1826.68 | 3.62 |
| 6.60 | 107 | 148 | 41 | 111.32 | 3.50 | 69.93  | 1896.61 | 3.14 |
| 6.80 | 98  | 137 | 39 | 101.96 | 3.33 | 66.52  | 1963.13 | 3.26 |
| 7.00 | 120 | 169 | 49 | 124.85 | 4.18 | 83.57  | 2046.70 | 3.35 |
| 7.20 | 112 | 145 | 33 | 116.52 | 2.81 | 56.28  | 2102.99 | 2.42 |
| 7.40 | 200 | 248 | 48 | 208.08 | 4.09 | 81.87  | 2184.85 | 1.97 |
| 7.60 | 255 | 305 | 50 | 265.30 | 4.26 | 85.28  | 2270.13 | 1.61 |
| 7.80 | 195 | 270 | 75 | 202.88 | 6.40 | 127.92 | 2398.05 | 3.15 |
| 8.00 | 190 | 275 | 85 | 197.68 | 7.25 | 144.97 | 2543.03 | 3.67 |
| 8.20 | 220 | 278 | 58 | 228.89 | 4.95 | 98.92  | 2641.95 | 2.16 |
| 8.40 | 310 | 381 | 71 | 322.52 | 6.05 | 121.10 | 2763.05 | 1.88 |
| 8.60 | 411 | 470 | 59 | 427.60 | 5.03 | 100.63 | 2863.68 | 1.18 |
| 8.80 | 435 | 510 | 75 | 452.57 | 6.40 | 127.92 | 2991.60 | 1.41 |
| 9.00 | 450 | 545 | 95 | 468.18 | 8.10 | 162.03 | 3153.63 | 1.73 |
| 9.20 | 517 | 590 | 73 | 537.89 | 6.23 | 124.51 | 3278.13 | 1.16 |
| 9.40 | 470 | 550 | 80 | 488.99 | 6.82 | 136.45 | 3414.58 | 1.40 |
| 9.60 |     | 600 |    |        |      |        |         |      |
|      |     |     |    |        |      |        |         |      |

**Gambar L-1.1 Data Pembacaan Sondir S-19**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

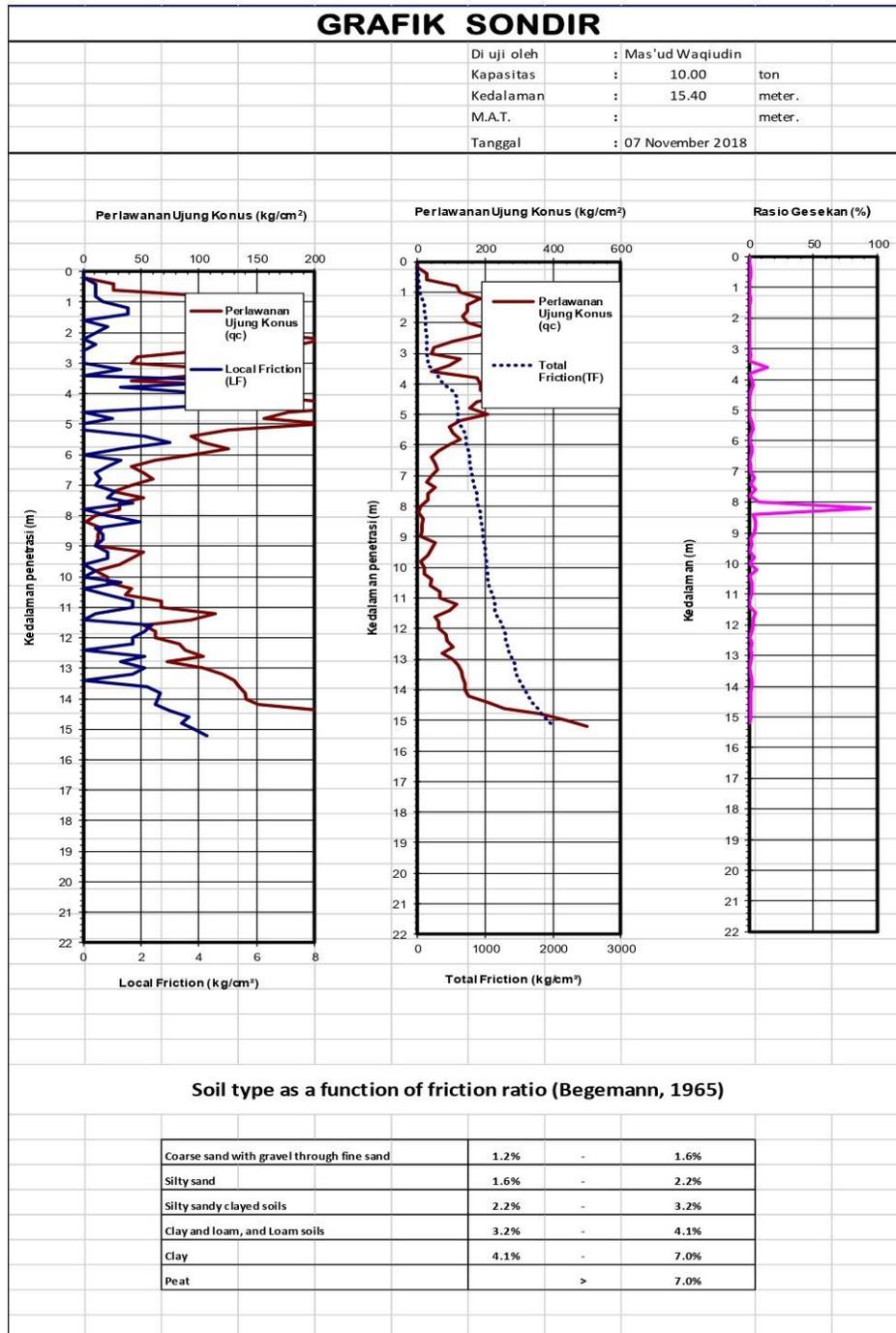


**Gambar L-1.2 Grafik Sondir S-19**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

| DATA PEMBACAAN SONDIR |                         |                         |                         |                         |                         |                       |            |                |                           |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------------|----------------|---------------------------|
| Project               | : SOIL INVESTIGATION    |                         |                         |                         | Date                    | : 07 November 2018    |            |                |                           |
| Location              | : FAK. SEKOLAH VOKASI   |                         |                         |                         | Capacity                | : 10.00               |            | Tonnes         |                           |
| Sounding No.          | : S-19                  |                         |                         |                         | Sounding B              | : Mas'ud Waqiudin     |            |                |                           |
| Koordinat             | : 7°46'26.87"S          |                         |                         |                         |                         | D pl                  | 3.570      |                | cm                        |
|                       | : 110°22'20.66"E        |                         |                         |                         |                         | Da                    | 3.585      |                | cm                        |
|                       |                         |                         |                         |                         |                         | Db                    | 3.500      |                | cm                        |
|                       |                         |                         |                         |                         |                         | L                     | 10.385     |                | cm                        |
|                       |                         |                         |                         |                         |                         | $\frac{Da + Db}{2}$   | 3.5425     |                | cm                        |
|                       |                         |                         |                         |                         |                         | A pl                  | 10.00      |                | cm <sup>2</sup>           |
|                       |                         |                         |                         |                         |                         | A con                 | 9.62       |                | cm <sup>2</sup>           |
|                       |                         |                         |                         |                         |                         | Calibration manometer | -          |                | (15 kg/cm <sup>2</sup> )  |
|                       |                         |                         |                         |                         |                         | Calibration manometer |            |                | (100 kg/cm <sup>2</sup> ) |
|                       |                         |                         |                         |                         |                         | Calibration manometer |            |                | (250 kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Depth                 | Cw                      | Tw                      | Kw                      | qc                      | LF                      | 20 cm. LF             | TF         | Friction Ratio |                           |
| ( m )                 | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm <sup>2</sup> ) | ( kg/ cm )            | ( kg/ cm ) | %              |                           |
| 0                     | 0                       | 0                       | 0                       | 0                       | 0                       | 0                     | 0          | 0              |                           |
| 0.20                  | 0                       | 0                       | 0                       | 0.00                    | 0.00                    | 0.00                  | 0.00       | #DIV/0!        |                           |
| 0.40                  | 20                      | 25                      | 5                       | 26.01                   | 0.43                    | 8.53                  | 8.53       | 1.64           |                           |
| 0.60                  | 25                      | 30                      | 5                       | 26.01                   | 0.43                    | 8.53                  | 17.06      | 1.64           |                           |
| 0.80                  | 25                      | 30                      | 5                       | 114.44                  | 0.43                    | 8.53                  | 25.58      | 0.37           |                           |
| 1.00                  | 110                     | 118                     | 8                       | 124.85                  | 0.68                    | 13.64                 | 39.23      | 0.55           |                           |
| 1.20                  | 120                     | 138                     | 18                      | 187.27                  | 1.54                    | 30.70                 | 69.93      | 0.82           |                           |
| 1.40                  | 180                     | 198                     | 18                      | 145.66                  | 1.54                    | 30.70                 | 100.63     | 1.05           |                           |
| 1.60                  | 140                     | 140                     | 0                       | 145.66                  | 0.00                    | 0.00                  | 100.63     | 0.00           |                           |
| 1.80                  | 128                     | 138                     | 10                      | 133.17                  | 0.85                    | 17.06                 | 117.69     | 0.64           |                           |
| 2.00                  | 140                     | 145                     | 5                       | 145.66                  | 0.43                    | 8.53                  | 126.21     | 0.29           |                           |
| 2.20                  | 200                     | 200                     | 0                       | 208.08                  | 0.00                    | 0.00                  | 126.21     | 0.00           |                           |
| 2.40                  | 180                     | 185                     | 5                       | 187.27                  | 0.43                    | 8.53                  | 134.74     | 0.23           |                           |
| 2.60                  | 100                     | 100                     | 0                       | 104.04                  | 0.00                    | 0.00                  | 134.74     | 0.00           |                           |
| 2.80                  | 45                      | 45                      | 0                       | 46.82                   | 0.00                    | 0.00                  | 134.74     | 0.00           |                           |
| 3.00                  | 40                      | 40                      | 0                       | 41.62                   | 0.00                    | 0.00                  | 134.74     | 0.00           |                           |
| 3.20                  | 120                     | 135                     | 15                      | 124.85                  | 1.28                    | 25.58                 | 160.32     | 1.02           |                           |
| 3.40                  | 90                      | 90                      | 0                       | 93.64                   | 0.00                    | 0.00                  | 160.32     | 0.00           |                           |
| 3.60                  | 40                      | 110                     | 70                      | 41.62                   | 5.97                    | 119.39                | 279.72     | 14.34          |                           |
| 3.80                  | 170                     | 185                     | 15                      | 176.87                  | 1.28                    | 25.58                 | 305.30     | 0.72           |                           |
| 4.00                  | 180                     | 230                     | 50                      | 187.27                  | 4.26                    | 85.28                 | 390.58     | 2.28           |                           |
| 4.20                  | 180                     | 245                     | 65                      | 187.27                  | 5.54                    | 110.86                | 501.44     | 2.96           |                           |
| 4.40                  | 240                     | 285                     | 45                      | 249.70                  | 3.84                    | 76.75                 | 578.19     | 1.54           |                           |
| 4.60                  | 170                     | 170                     | 0                       | 176.87                  | 0.00                    | 0.00                  | 578.19     | 0.00           |                           |
| 4.80                  | 150                     | 162                     | 12                      | 156.06                  | 1.02                    | 20.47                 | 598.66     | 0.66           |                           |
| 5.00                  | 200                     | 200                     | 0                       | 208.08                  | 0.00                    | 0.00                  | 598.66     | 0.00           |                           |

|       |     |     |    |        |      |       |         |       |
|-------|-----|-----|----|--------|------|-------|---------|-------|
| 5.20  | 120 | 120 | 0  | 124.85 | 0.00 | 0.00  | 598.66  | 0.00  |
| 5.40  | 90  | 115 | 25 | 93.64  | 2.13 | 42.64 | 641.30  | 2.28  |
| 5.60  | 100 | 135 | 35 | 104.04 | 2.98 | 59.70 | 701.00  | 2.87  |
| 5.80  | 120 | 135 | 15 | 124.85 | 1.28 | 25.58 | 726.58  | 1.02  |
| 6.00  | 90  | 90  | 0  | 93.64  | 0.00 | 0.00  | 726.58  | 0.00  |
| 6.20  | 60  | 75  | 15 | 62.42  | 1.28 | 25.58 | 752.16  | 2.05  |
| 6.40  | 40  | 50  | 10 | 41.62  | 0.85 | 17.06 | 769.22  | 2.05  |
| 6.60  | 50  | 55  | 5  | 52.02  | 0.43 | 8.53  | 777.75  | 0.82  |
| 6.80  | 58  | 65  | 7  | 60.34  | 0.60 | 11.94 | 789.69  | 0.99  |
| 7.00  | 40  | 45  | 5  | 41.62  | 0.43 | 8.53  | 798.21  | 1.02  |
| 7.20  | 25  | 38  | 13 | 26.01  | 1.11 | 22.17 | 820.39  | 4.26  |
| 7.40  | 50  | 60  | 10 | 52.02  | 0.85 | 17.06 | 837.44  | 1.64  |
| 7.60  | 30  | 50  | 20 | 31.21  | 1.71 | 34.11 | 871.55  | 5.46  |
| 7.80  | 30  | 30  | 0  | 31.21  | 0.00 | 0.00  | 871.55  | 0.00  |
| 8.00  | 10  | 20  | 10 | 10.40  | 0.85 | 17.06 | 888.61  | 8.20  |
| 8.20  | 2   | 25  | 23 | 2.08   | 1.96 | 39.23 | 927.84  | 94.26 |
| 8.40  | 15  | 20  | 5  | 15.61  | 0.43 | 8.53  | 936.37  | 2.73  |
| 8.60  | 12  | 20  | 8  | 12.48  | 0.68 | 13.64 | 950.01  | 5.46  |
| 8.80  | 12  | 20  | 8  | 12.48  | 0.68 | 13.64 | 963.66  | 5.46  |
| 9.00  | 10  | 15  | 5  | 10.40  | 0.43 | 8.53  | 972.18  | 4.10  |
| 9.20  | 50  | 60  | 10 | 52.02  | 0.85 | 17.06 | 989.24  | 1.64  |
| 9.40  | 40  | 50  | 10 | 41.62  | 0.85 | 17.06 | 1006.30 | 2.05  |
| 9.60  | 30  | 30  | 0  | 31.21  | 0.00 | 0.00  | 1006.30 | 0.00  |
| 9.80  | 10  | 15  | 5  | 10.40  | 0.43 | 8.53  | 1014.82 | 4.10  |
| 10.00 | 20  | 20  | 0  | 20.81  | 0.00 | 0.00  | 1014.82 | 0.00  |
| 10.20 | 20  | 35  | 15 | 20.81  | 1.28 | 25.58 | 1040.41 | 6.15  |
| 10.40 | 40  | 40  | 0  | 41.62  | 0.00 | 0.00  | 1040.41 | 0.00  |
| 10.60 | 35  | 45  | 10 | 36.41  | 0.85 | 17.06 | 1057.46 | 2.34  |
| 10.80 | 65  | 85  | 20 | 67.63  | 1.71 | 34.11 | 1091.57 | 2.52  |
| 11.00 | 65  | 85  | 20 | 67.63  | 1.71 | 34.11 | 1125.69 | 2.52  |
| 11.20 | 110 | 115 | 5  | 114.44 | 0.43 | 8.53  | 1134.21 | 0.37  |
| 11.40 | 90  | 90  | 0  | 93.64  | 0.00 | 0.00  | 1134.21 | 0.00  |
| 11.60 | 50  | 78  | 28 | 52.02  | 2.39 | 47.76 | 1181.97 | 4.59  |
| 11.80 | 60  | 85  | 25 | 62.42  | 2.13 | 42.64 | 1224.61 | 3.42  |
| 12.00 | 60  | 80  | 20 | 62.42  | 1.71 | 34.11 | 1258.72 | 2.73  |
| 12.20 | 80  | 100 | 20 | 83.23  | 1.71 | 34.11 | 1292.83 | 2.05  |
| 12.40 | 85  | 85  | 0  | 88.43  | 0.00 | 0.00  | 1292.83 | 0.00  |
| 12.60 | 100 | 125 | 25 | 104.04 | 2.13 | 42.64 | 1335.47 | 2.05  |
| 12.80 | 70  | 85  | 15 | 72.83  | 1.28 | 25.58 | 1361.06 | 1.76  |
| 13.00 | 100 | 125 | 25 | 104.04 | 2.13 | 42.64 | 1403.70 | 2.05  |
| 13.20 | 115 | 135 | 20 | 119.65 | 1.71 | 34.11 | 1437.81 | 1.43  |
| 13.40 | 125 | 125 | 0  | 130.05 | 0.00 | 0.00  | 1437.81 | 0.00  |
| 13.60 | 129 | 155 | 26 | 134.21 | 2.22 | 44.35 | 1482.15 | 1.65  |
| 13.80 | 134 | 165 | 31 | 139.41 | 2.64 | 52.87 | 1535.03 | 1.90  |
| 14.00 | 135 | 165 | 30 | 140.45 | 2.56 | 51.17 | 1586.19 | 1.82  |
| 14.20 | 145 | 174 | 29 | 150.86 | 2.47 | 49.46 | 1635.66 | 1.64  |
| 14.40 | 200 | 235 | 35 | 208.08 | 2.98 | 59.70 | 1695.35 | 1.43  |
| 14.60 | 245 | 288 | 43 | 254.90 | 3.67 | 73.34 | 1768.69 | 1.44  |
| 14.80 | 350 | 390 | 40 | 364.14 | 3.41 | 68.22 | 1836.92 | 0.94  |
| 15.00 | 420 | 465 | 45 | 436.97 | 3.84 | 76.75 | 1913.67 | 0.88  |
| 15.20 | 480 | 530 | 50 | 499.39 | 4.26 | 85.28 | 1998.95 | 0.85  |
| 15.40 |     | 600 |    |        |      |       |         |       |

**Gambar L-1.3 Data Pembacaan Sondir S-20**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

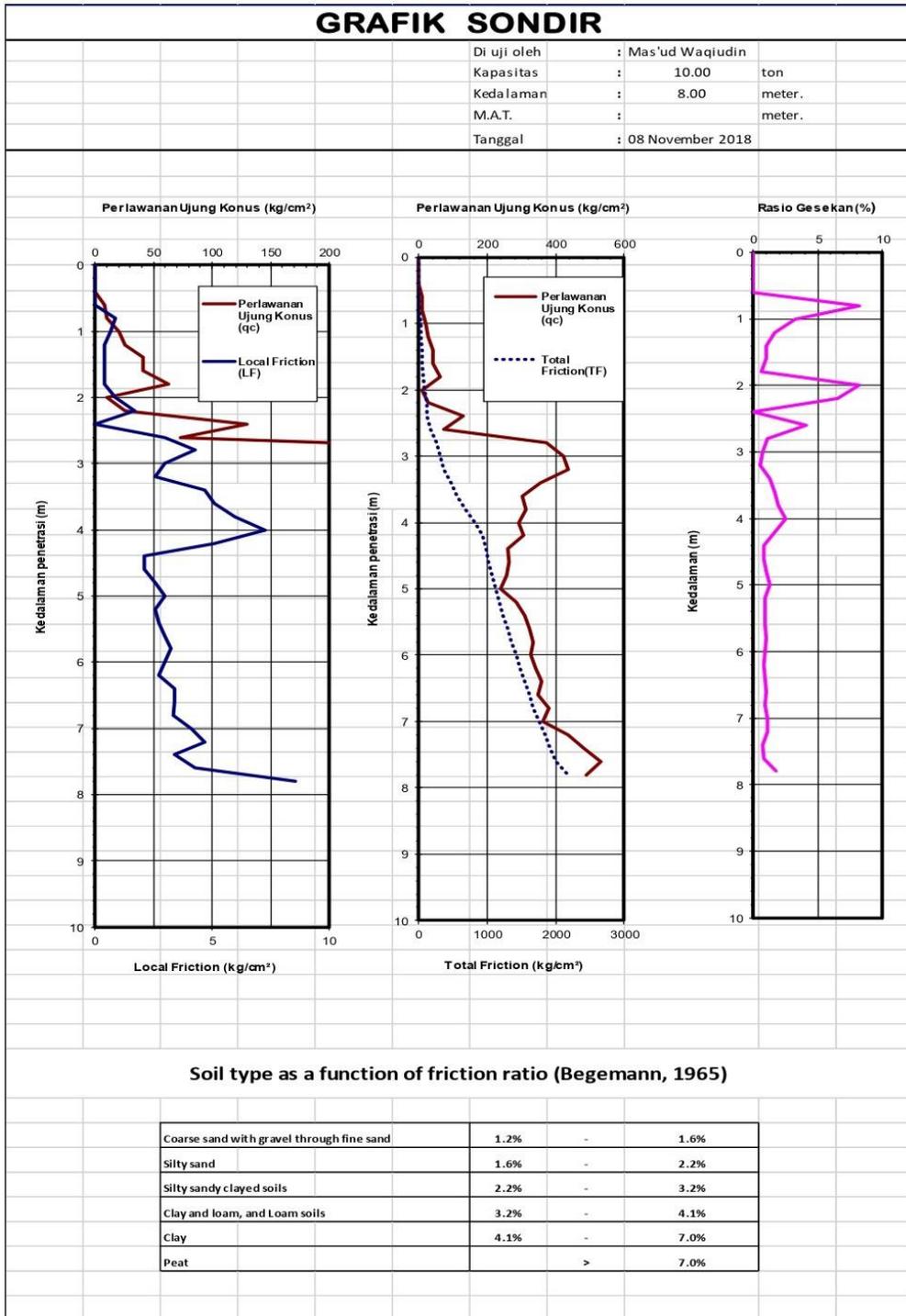


**Gambar L-1.4 Grafik Sondir S-20**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

| DATA PEMBACAAN SONDIR |                       |                       |                       |                       |                       |           |                           |                |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|---------------------------|----------------|
| Project               | : SOIL INVESTIGATION  |                       |                       | Date                  | : 08 November 2018    |           |                           |                |
| Location              | : FAK. SEKOLAH VOKASI |                       |                       | Capacity              | : 10.00               |           | Tonnes                    |                |
| Sounding No.          | : S-21                |                       |                       | Sounding B            | : Mas'ud Waquudin     |           |                           |                |
| Koordinat             | : 7°46'28.07"S        |                       |                       |                       | D pl                  | 3.570     | cm                        |                |
|                       | : 110°22'19.17"E      |                       |                       |                       | Da                    | 3.585     | cm                        |                |
|                       |                       |                       |                       |                       | Db                    | 3.500     | cm                        |                |
|                       |                       |                       |                       |                       | L                     | 10.385    | cm                        |                |
|                       |                       |                       |                       |                       | $\frac{Da + Db}{2}$   | 3.5425    | cm                        |                |
|                       |                       |                       |                       |                       | A pl                  | 10.00     | cm <sup>2</sup>           |                |
|                       |                       |                       |                       |                       | A con                 | 9.62      | cm <sup>2</sup>           |                |
|                       |                       |                       |                       |                       | Calibration manometer | -         | (15 kg/cm <sup>2</sup> )  |                |
|                       |                       |                       |                       |                       | Calibration manometer |           | (100 kg/cm <sup>2</sup> ) |                |
|                       |                       |                       |                       |                       | Calibration manometer |           | (250 kg/cm <sup>2</sup> ) |                |
| Depth                 | Cw                    | Tw                    | Kw                    | qc                    | LF                    | 20 cm. LF | TF                        | Friction Ratio |
| (m)                   | (kg/cm <sup>2</sup> ) | (kg/cm)   | (kg/cm)                   | %              |
| 0                     | 0                     | 0                     | 0                     | 0                     | 0                     | 0         | 0                         | 0              |
| 0.20                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0.00                  | 0.00                  | 0.00      | 0.00                      | #DIV/0!        |
| 0.40                  | 0                     | 0                     | 0                     | 0.00                  | 0.00                  | 0.00      | 0.00                      | #DIV/0!        |
| 0.60                  | 0                     | 0                     | 0                     | 8.32                  | 0.00                  | 0.00      | 0.00                      | 0.00           |
| 0.80                  | 8                     | 18                    | 10                    | 10.40                 | 0.85                  | 17.06     | 17.06                     | 8.20           |
| 1.00                  | 10                    | 18                    | 8                     | 20.81                 | 0.68                  | 13.64     | 30.70                     | 3.28           |
| 1.20                  | 20                    | 25                    | 5                     | 26.01                 | 0.43                  | 8.53      | 39.23                     | 1.64           |
| 1.40                  | 25                    | 30                    | 5                     | 41.62                 | 0.43                  | 8.53      | 47.76                     | 1.02           |
| 1.60                  | 40                    | 45                    | 5                     | 41.62                 | 0.43                  | 8.53      | 56.28                     | 1.02           |
| 1.80                  | 60                    | 65                    | 5                     | 62.42                 | 0.43                  | 8.53      | 64.81                     | 0.68           |
| 2.00                  | 10                    | 20                    | 10                    | 10.40                 | 0.85                  | 17.06     | 81.87                     | 8.20           |
| 2.20                  | 25                    | 45                    | 20                    | 26.01                 | 1.71                  | 34.11     | 115.98                    | 6.56           |
| 2.40                  | 125                   | 125                   | 0                     | 130.05                | 0.00                  | 0.00      | 115.98                    | 0.00           |
| 2.60                  | 70                    | 105                   | 35                    | 72.83                 | 2.98                  | 59.70     | 175.68                    | 4.10           |
| 2.80                  | 360                   | 410                   | 50                    | 374.54                | 4.26                  | 85.28     | 260.95                    | 1.14           |
| 3.00                  | 405                   | 440                   | 35                    | 421.36                | 2.98                  | 59.70     | 320.65                    | 0.71           |
| 3.20                  | 420                   | 450                   | 30                    | 436.97                | 2.56                  | 51.17     | 371.82                    | 0.59           |
| 3.40                  | 340                   | 395                   | 55                    | 353.74                | 4.69                  | 93.81     | 465.62                    | 1.33           |
| 3.60                  | 290                   | 350                   | 60                    | 301.72                | 5.12                  | 102.34    | 567.96                    | 1.70           |
| 3.80                  | 300                   | 370                   | 70                    | 312.12                | 5.97                  | 119.39    | 687.35                    | 1.91           |
| 4.00                  | 280                   | 365                   | 85                    | 291.31                | 7.25                  | 144.97    | 832.33                    | 2.49           |
| 4.20                  | 295                   | 355                   | 60                    | 306.92                | 5.12                  | 102.34    | 934.66                    | 1.67           |
| 4.40                  | 250                   | 275                   | 25                    | 260.10                | 2.13                  | 42.64     | 977.30                    | 0.82           |
| 4.60                  | 255                   | 280                   | 25                    | 265.30                | 2.13                  | 42.64     | 1019.94                   | 0.80           |
| 4.80                  | 245                   | 275                   | 30                    | 254.90                | 2.56                  | 51.17     | 1071.11                   | 1.00           |
| 5.00                  | 230                   | 265                   | 35                    | 239.29                | 2.98                  | 59.70     | 1130.80                   | 1.25           |

|      |     |     |     |        |      |        |         |      |
|------|-----|-----|-----|--------|------|--------|---------|------|
| 5.20 | 275 | 305 | 30  | 286.11 | 2.56 | 51.17  | 1181.97 | 0.89 |
| 5.40 | 298 | 330 | 32  | 310.04 | 2.73 | 54.58  | 1236.55 | 0.88 |
| 5.60 | 310 | 345 | 35  | 322.52 | 2.98 | 59.70  | 1296.24 | 0.93 |
| 5.80 | 320 | 358 | 38  | 332.93 | 3.24 | 64.81  | 1361.06 | 0.97 |
| 6.00 | 315 | 350 | 35  | 327.73 | 2.98 | 59.70  | 1420.75 | 0.91 |
| 6.20 | 328 | 360 | 32  | 341.25 | 2.73 | 54.58  | 1475.33 | 0.80 |
| 6.40 | 345 | 385 | 40  | 358.94 | 3.41 | 68.22  | 1543.55 | 0.95 |
| 6.60 | 335 | 375 | 40  | 348.53 | 3.41 | 68.22  | 1611.78 | 0.98 |
| 6.80 | 365 | 404 | 39  | 379.75 | 3.33 | 66.52  | 1678.30 | 0.88 |
| 7.00 | 350 | 398 | 48  | 364.14 | 4.09 | 81.87  | 1760.16 | 1.12 |
| 7.20 | 420 | 475 | 55  | 436.97 | 4.69 | 93.81  | 1853.97 | 1.07 |
| 7.40 | 465 | 505 | 40  | 483.79 | 3.41 | 68.22  | 1922.19 | 0.71 |
| 7.60 | 510 | 560 | 50  | 530.60 | 4.26 | 85.28  | 2007.47 | 0.80 |
| 7.80 | 470 | 570 | 100 | 488.99 | 8.53 | 170.56 | 2178.03 | 1.74 |
| 8.00 |     | 600 |     |        |      |        |         |      |

**Gambar L-1.5 Data Pembacaan Sondir S-21**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)



**Gambar L-1.6 Grafik Sondir S-21**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

| <b>KEDALAMAN (m)</b> | <b>BH-09</b> |
|----------------------|--------------|
| 2.0 - 2.50           | >60          |
| 4.0 - 4.50           | 58           |
| 6.0 - 6.50           | >60          |
| 8.0 - 8.50           | >60          |
| 10.0 - 10.50         | >60          |
| 12.0 - 12.50         | 58           |
| 14.0 - 14.50         | >60          |
| 16.0 - 16.50         | >60          |
| 18.0 - 18.50         | >60          |
| 20.0 - 20.50         | >60          |
| 22.0 - 22.50         | >60          |
| 24.0 - 24.50         | >60          |
| 26.0 - 26.50         | >60          |
| 28.0 - 28.50         | >60          |
| 30.0 - 30.50         | >60          |

**Gambar L-1.7 Hasil Pengujian SPT**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

| PT. Sathya Grahaicara                    |           | BORING LOG GEOTEKNIK              |                      | No. Bor : BH-09                                      |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|--|-----------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------|---------------------------------------|-------------|---------------------|------------|---|-------------------|-----------------|-----------|----|----|----|----------|----|---------|----|----|----|
| Proyek : Soil Investigasi UGM Yogyakarta |           | Kedalaman : 30 m                  |                      | Koordinat : 430779.31 mE 9140605.27 mS               |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| Lokasi : BH-09 Fakultas Vokasi 1         |           | Elevasi : 134 m                   |                      | Dilongkang oleh : Rizal Taufiqurrahman               |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| Paket No : -                             |           | Elevasi MAT : 10.8 m              |                      | Diperiksa oleh : Adi Andhika                         |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| Pemberi Kerja : Universitas Gadjah Mada  |           | Jenis Core Barrel : STCB OD 73 mm |                      | Juru Bor : Arif Ramdan                               |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| Jenis Pemboran : Basah Putar             |           |                                   |                      | Tanggal Bor : 14 - 18 November 2018                  |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| Tipe Mesin Bor : KSK-01                  |           |                                   |                      |  |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| Profil Hiran                             | Merek Bor | Diam. Ø Hiri Bor                  | Casang Ø & Kedalaman | MAT & Tanggal  | Instalasi Pismometer | Kedalaman (m)                         | Elevasi (m) | Satuan Skrififikasi | Simbol Log | Diskripsi Tanah / Batuan  | Tingkat Kelapukan | Kekuatan Batuan | SPT VALUE |    |    |    |          |    | Samples |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 | ROD (%)   | N1 | N2 | N3 | N4 Value | 10 |         | 20 | 30 | 40 |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 1                                     |             |                     |            | Clayey Sand<br>Reddish Grey, wet, Highly weathered<br>sub angular - sub rounded, fine-medium sand | W5                |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 2                                     |             |                     |            | Sand<br>Dark Grey, moderately weathered<br>Rounded - sub rounded, medium sand, very dense         |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 3                                     |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 4                                     |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 5                                     |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 6                                     |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 7                                     |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 8                                     |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 9                                     |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 10                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 11                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 12                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 13                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 14                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 15                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 16                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 17                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 18                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 19                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
|  |           |                                   |                      |  |                      | 20                                    |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| Keterangan :                             |           | Komposisi Campuran Butir Tanah    |                      | Tingkat Kelapukan :                                  |                      | Kekuatan Batuan:                      |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| STCB : Single Tube Core Barrel           |           | sedikit 0 - 10 %                  |                      | W <sub>6</sub> : Tanah Residu/Residuasi Sori         |                      | R <sub>0</sub> : Batuan Lunak Ekstrem |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| DTCB : Double Tube Core Barrel           |           | beberapa 10 - 20 %                |                      | W <sub>5</sub> : Lapuk sempurna/Completely weathered |                      | R <sub>1</sub> : Batuan Sangat Lunak  |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| TCR : Total Core Recovery                |           | akhir an 20 - 35 %                |                      | W <sub>4</sub> : Lapuk kuat/Highly weathered         |                      | R <sub>2</sub> : Batuan Lunak         |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| RQD : Rock Quality Designation           |           | dan 35 - 50 %                     |                      | W <sub>3</sub> : Lapuk sedang/Moderately weathered   |                      | R <sub>3</sub> : Batuan Kuat Sedang   |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| SPT : Uji Penetrasi Standar              |           |                                   |                      | W <sub>2</sub> : Lapuk Lemah/Signitly weathered      |                      | R <sub>4</sub> : Batuan Kuat          |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| UP : Uji Permeabilitas                   |           |                                   |                      | W <sub>1</sub> : segar/fresh rock                    |                      | R <sub>5</sub> : Batuan Sangat Kuat   |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| k : Koefisien Permeabilitas              |           |                                   |                      |  |                      | R <sub>6</sub> : Batuan Kuat Ekstrem  |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |
| Lu : Nilai Lugeon                        |           |                                   |                      |  |                      |                                       |             |                     |            |   |                   |                 |           |    |    |    |          |    |         |    |    |    |

Hal 1 dari 2 Halaman

**Gambar L-1.8 Hasil Boring Log Geoteknik**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

| PT. Sadya Grahaicara                          |  | BORING LOG GEOTEKNIK            |               |                   |                                       | No. Bor        | BH-09  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|---|--|---------------------------------|---------------|-------------------|---------------------------------------|----------------|--|-------------------|----------------------|-----------|-----------------------|-------|-------|---------|----|----|---------|----|----|----|----|--|
| Proyek  |  | Soil Investigasi UGM Yogyakarta |               |                   |                                       | Kedalaman      | 30 m   |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| Lokasi  |  | BH-09 Fakultas Vokasi 1         |               |                   |                                       | Koordinat      | 430779.31 mE 9140605.27 mS   |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| Paket No                                      |  | -                               |               |                   |                                       | Elevasi        | 134 m  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| Pemberi Kerja                                 |  | Universitas Gadjah Mada         |               | Elevasi MAT       | 10.8 m                                |                | Diloging oleh  |                   | Rizal Taufiqurrohmah |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| Jenis Pemboran                                |  | Basah Putar                     |               | Jenis Core Barrel | STCB OD 73 mm                         |                | Diperiksa oleh   |                   | Adi Andhika          |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| Tipe Mesin Bor                                |  | KSK-01                          |               |                   |                                       | Juru Bor       | Arif Ramdan  |                   | Tanggal Bor          |           | 14 - 18 November 2018 |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| Progres Harian<br>Metode Bor<br>dan Ø Int Bor | Casings Ø & Kedalaman<br>MAT & Tanggal | Instalasi Placometer            | Elevasi ( m ) | Kedalaman (m)     | Saluran Sertifikasi                   | Symbol Log     | Diskripsi Tanah / Batuan   | Tingkat Kelapukan | Kekuatan Batuan      | ROD ( % ) | SPT VALUE             |       |       |         |    |    | Samples |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               |                   |                                       |                |  |                   |                      |           | N1                    | N2    | N3    | N Value | 10 | 20 |         | 30 | 40 | 50 | 60 |  |
|   |  |                                 |               | 21                |                                       |                | <b>Sand</b><br>Dark Grey, moderately weathered<br>Rounded - sub rounded, medium sand, very dense |                   |                      |           | 29                    | 30/13 | n/a   | >60     |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 22                |                                       |                |  |                   |                      |           | 25                    | 29    | 30/13 | >60     |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 23                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 24                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 25                |                                       |                |  |                   |                      |           | 30/15                 | n/a   | n/a   | >60     |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 26                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 27                |                                       |                |  |                   |                      |           | 29                    | 33/7  | n/a   | >60     |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 28                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 29                |                                       |                |  |                   |                      |           | 25                    | 20/15 | 31/10 | >60     |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 30                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 31                |                                       |                | <b>END OF BORING</b>   |                   |                      |           | 30/10                 | n/a   | n/a   | >60     |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 32                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 33                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 34                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 35                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 36                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 37                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 38                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 39                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
|   |  |                                 |               | 40                |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| Keterangan :                                  |  | Komposisi Campuran Butir Tanah  |               |                   | Tingkat Kelapukan                     |                |  | Kekuatan Batuan   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| STCB  | : Single Tube Core Barrel              | sedikit                         | 0 - 10 %      | W <sub>0</sub>    | : Tanah Residu/Residual Soil          | R <sub>0</sub> | : Batuan Lunak Ekstrim   |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| DTCB  | : Double Tube Core Barrel              | beberapa                        | 10 - 20 %     | W <sub>5</sub>    | : Lapuk sempurna/Completely weathered | R <sub>1</sub> | : Batuan Sangat Lunak  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| TCR   | : Total Core Recovery                  | akhir an                        | 20 - 35 %     | W <sub>4</sub>    | : Lapuk kuat/highly weathered         | R <sub>2</sub> | : Batuan Lunak   |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| ROD   | : Rock Quality Designation             | dan                             | 35 - 50 %     | W <sub>3</sub>    | : Lapuk sedang/moderately weathered   | R <sub>3</sub> | : Batuan Kuat Sedang   |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| SPT   | : Uji Penetrasi Standar                |                                 |               | W <sub>2</sub>    | : Lapuk Lemah/signitly weathered      | R <sub>4</sub> | : Batuan Kuat  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| UP  | : Uji Permeabilitas                    |                                 |               | W <sub>1</sub>    | : Segar/fresh rock                    | R <sub>5</sub> | : Batuan Sangat Kuat   |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| k   | : Koefisien Permeabilitas              |                                 |               |                   |                                       | R <sub>6</sub> | : Batuan Kuat Ekstrim  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |
| Lu  | : Nilai Lugeon                         |                                 |               |                   |                                       |                |  |                   |                      |           |                       |       |       |         |    |    |         |    |    |    |    |  |

Hal 2 dari 2 Halaman

**Gambar L-1.9 Hasil Boring Log Geoteknik**  
(Sumber : PT. PP Persero G2 Proyek Gedung TILC UGM)

## Lampiran 2 Hasil Pembebanan SAP2000

Lampiran hasil pembebanan menggunakan program SAP2000 yang digunakan Penulis dalam menganalisis kapasitas daya dukung tiang pacang dapat dilihat pada data pendukung atau lampiran di bawah ini.

**Tabel L.2.1 Hasil Pembebanan SAP2000**

| TABLE : Element Forces-Frames |         |            |            |          |          |          |
|-------------------------------|---------|------------|------------|----------|----------|----------|
| Frame                         | Station | OutputCase | P          | V2       | M2       | M3       |
| 2400                          | 0       | COMB3      | -14074,831 | 498,714  | 46,4791  | 1294,066 |
| 2400                          | 2,1     | COMB3      | -13991,181 | 498,714  | 68,4349  | 246,7665 |
| 2400                          | 0       | COMB5      | -13984,834 | 422,28   | 24,9285  | 1088,649 |
| 2400                          | 4,2     | COMB3      | -13907,530 | 498,714  | 90,3906  | -800,533 |
| 2400                          | 2,1     | COMB5      | -13901,184 | 422,28   | 66,0383  | 201,861  |
| 2400                          | 0       | COMB7      | -13830,031 | 290,806  | -12,1409 | 735,3109 |
| 2400                          | 4,2     | COMB5      | -13817,534 | 422,28   | 107,1482 | -684,928 |
| 2400                          | 2,1     | COMB7      | -13746,380 | 290,806  | 61,916   | 124,6185 |
| 2400                          | 4,2     | COMB7      | -13662,730 | 290,806  | 135,9729 | -486,074 |
| 2400                          | 0       | COMB10     | -13530,205 | 36,165   | -83,9373 | 50,9618  |
| 2400                          | 0       | COMB9      | -13530,042 | 36,027   | -83,9764 | 50,5896  |
| 2400                          | 2,1     | COMB10     | -13446,555 | 36,165   | 53,9318  | -24,9854 |
| 2400                          | 2,1     | COMB9      | -13446,392 | 36,027   | 53,9274  | -25,0668 |
| 2400                          | 4,2     | COMB10     | -13362,905 | 36,165   | 191,8009 | -100,933 |
| 2400                          | 4,2     | COMB9      | -13362,742 | 36,027   | 191,8313 | -100,723 |
| 2400                          | 0       | COMB8      | -13230,217 | -218,614 | -155,773 | -633,76  |
| 2400                          | 2,1     | COMB8      | -13146,567 | -218,614 | 45,9432  | -174,671 |
| 2400                          | 0       | COMB6      | -13075,413 | -350,088 | -192,842 | -987,098 |
| 2400                          | 4,2     | COMB8      | -13062,916 | -218,614 | 247,6593 | 284,4182 |
| 2400                          | 2,1     | COMB6      | -12991,763 | -350,088 | 41,8209  | -251,913 |
| 2400                          | 0       | COMB4      | -12985,417 | -426,522 | -214,393 | -1192,51 |
| 2400                          | 4,2     | COMB6      | -12908,113 | -350,088 | 276,484  | 483,2717 |
| 2400                          | 2,1     | COMB4      | -12901,766 | -426,522 | 39,4243  | -296,819 |
| 2400                          | 4,2     | COMB4      | -12818,116 | -426,522 | 293,2415 | 598,877  |
| 2400                          | 0       | COMB2      | -12672,806 | 35,636   | -81,4613 | 49,791   |
| 2400                          | 2,1     | COMB2      | -12600,067 | 35,636   | 52,8409  | -25,0446 |
| 2400                          | 4,2     | COMB2      | -12527,328 | 35,636   | 187,1432 | -99,8801 |
| 2400                          | 0       | COMB1      | -12465,822 | 30,719   | -73,43   | 43,6808  |
| 2400                          | 2,1     | COMB1      | -12380,959 | 30,719   | 46,4534  | -20,8294 |

| TABLE : Element Forces-Frames |         |            |            |          |          |          |
|-------------------------------|---------|------------|------------|----------|----------|----------|
| Frame                         | Station | OutputCase | P          | V2       | M2       | M3       |
| 2400                          | 4,2     | COMB1      | -12296,096 | 30,719   | 166,3368 | -85,3396 |
| 2400                          | 0       | COMB19     | -10146,544 | 27,758   | -64,0258 | 38,9195  |
| 2400                          | 2,1     | COMB19     | -10085,927 | 27,758   | 41,3208  | -19,3724 |
| 2400                          | 4,2     | COMB19     | -10025,311 | 27,758   | 146,6675 | -77,6643 |
| 2400                          | 0       | COMB15     | -6865,705  | 401,983  | 71,1213  | 1060,338 |
| 2400                          | 0       | COMB17     | -6865,705  | 401,983  | 71,1213  | 1060,338 |
| 2400                          | 2,1     | COMB15     | -6822,061  | 401,983  | 35,999   | 216,1748 |
| 2400                          | 2,1     | COMB17     | -6822,061  | 401,983  | 35,999   | 216,1748 |
| 2400                          | 4,2     | COMB15     | -6778,417  | 401,983  | 0,8767   | -627,989 |
| 2400                          | 4,2     | COMB17     | -6778,417  | 401,983  | 0,8767   | -627,989 |
| 2400                          | 0       | COMB11     | -6710,901  | 270,508  | 34,0519  | 706,9996 |
| 2400                          | 2,1     | COMB11     | -6667,257  | 270,508  | 31,8767  | 138,9323 |
| 2400                          | 4,2     | COMB11     | -6623,614  | 270,508  | 29,7015  | -429,135 |
| 2400                          | 0       | COMB14     | -6411,076  | 15,868   | -37,7445 | 22,6505  |
| 2400                          | 0       | COMB13     | -6410,912  | 15,729   | -37,7835 | 22,2783  |
| 2400                          | 2,1     | COMB14     | -6367,432  | 15,868   | 23,8925  | -10,6716 |
| 2400                          | 2,1     | COMB13     | -6367,269  | 15,729   | 23,8882  | -10,7529 |
| 2400                          | 4,2     | COMB14     | -6323,788  | 15,868   | 85,5295  | -43,9936 |
| 2400                          | 4,2     | COMB13     | -6323,625  | 15,729   | 85,5598  | -43,7842 |
| 2400                          | 0       | COMB12     | -6111,087  | -238,911 | -109,58  | -662,071 |
| 2400                          | 2,1     | COMB12     | -6067,443  | -238,911 | 15,904   | -160,357 |
| 2400                          | 4,2     | COMB12     | -6023,800  | -238,911 | 141,3878 | 341,3571 |
| 2400                          | 0       | COMB18     | -5956,283  | -370,386 | -146,649 | -1015,41 |
| 2400                          | 2,1     | COMB18     | -5912,640  | -370,386 | 11,7816  | -237,599 |
| 2400                          | 4,2     | COMB18     | -5868,996  | -370,386 | 170,2126 | 540,2107 |
| 2400                          | 0       | COMB16     | -5866,287  | -446,819 | -168,2   | -1220,83 |
| 2400                          | 2,1     | COMB16     | -5822,643  | -446,819 | 9,385    | -282,505 |
| 2400                          | 4,2     | COMB16     | -5779,000  | -446,819 | 186,9701 | 655,8159 |