

TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI TIANG PANCANG
BERDASARKAN DATA CPT DAN SPT PEMBANGUNAN MASJID
AL KAMIL JATIGEDE SUMEDANG

Diajukan untuk memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan Pendidikan
Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sangga Buana

Dosen Pembimbing
Chandra Afriade Siregar, ST., MT



Disusun Oleh :

Fakar Mubarok 2112191121

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP
BANDUNG
2022

**LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**"ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI TIANG PANCANG
BERDASARKAN DATA CPT DAN SPT PEMBANGUNAN
MASJID AL KAMIL JATIGEDE SUMEDANG "**

Disusun Oleh:

Fakar Mubarok 2112191121

Disetujui dan Disahkan Oleh :

Dosen Pembimbing



Muhammad Syukri, S.T., M.T.

NIK 432 200 200

SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini yang berjudul **"ANALISI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN DATA CPT DAN SPT PEMBANGUNAN MASJID AL KAMIL JATIGEDE SUMEDANG "** tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam Tugas Akhir ini sebagaimana disebutkan dalam Daftar Pustaka. Selain itu penulis menyatakan pula, bahwa Tugas Akhir ini dibuat oleh penulis sendiri.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidak orisinalan karya ini.

Bandung, Januari 2023

Pembuat pernyataan

Fakar Mubarak

2112191121

Halaman Hak Cipta Mahasiswa S1

**ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI TIANG PANCANG
BERDASARKAN DATA CPT DAN SPT PEMBANGUNAN
MASJID AL KAMIL JATIGEDE SUMEDANG**

Oleh :

Fakar Mubarok

2112191121

Laporan Tugas Akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik
Universitas Sangga Buana - YPKP

© Fakar_Mubarok

Universitas Sangga Buana - YPKP

2023

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lain tanpa izin dari penulis

RIWAYAT HIDUP



Penulis dengan nama lengkap Fakar Mubarak yang saat ini berumur 22 tahun lahir di Kuningan pada tanggal 11 Mei 2000 , merupakan anak ke 2 (dua) dari 3 (tiga) bersaudara, dari pasangan Bapak kurniawan dan Ibu Sanirah . Penulis berjenis kelamin laki-laki dan saat ini berstatus belum menikah.

Penulis memulai Pendidikan formal di SD Negeri Paninggaran lulus pada tahun 2012, MTS Negeri Darma, Kota kuningan lulus pada tahun 2015, SMK Jagara jurusan Teknik Kendaran Ringan lulus pada tahun 2018, dan melanjutkan ke jenjang program pendidikan ke jenjang strata satu (S1) di Universitas Sangga Buana YPKP dengan jurusan Teknik Sipil lulus pada tahun 2023

ABSTRAK

Dalam pekerjaan pembangunan kontuksi gedung rumah dan jalan dll ,fundasi adalah (struktur bawah) yang memiliki peran penting untuk meneruskan beban ke lapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi letaknya cukup dalam pada tanah , namun demikian tuntut menghitung kapasitas daya dukung ada beberapa metode.

Analisis kapasitas daya dukung fundasi tiang pancang pembangunan Masjid Al Kamil jatigede yang dilakukan berdasarkan dengan data Sondir dan Standard Penetration Test menggunakan metode hitungan meyerhoff dan Aoki De Alencar.

Hasil perhitungan daya dukung Fundasi terdapat perbedaan nilai baik dilihat dari penggunaan metode perhitungan Aoki dan De Alencar, serta metode Meyerhof. Dimana dari data sondir metode Meyerhof $Q_u = 76,6160$ ton, dari data sondir metode Aoki dan De Alencar $Q_u = 79,340$ ton, dari data SPT metode Meyerhof $Q_u = 62,972$ ton.

Kapasitas daya dukung fundasi tiang pancang berdasarkan dengan data Sondir memiliki nilai yang lebih besar dengan daya dukung fundasi berdasarkan data SPT

Kata kunci : *kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan data CPT dan SPT*

ABSTRACT

In the construction work of houses and roads etc., the foundation is the (substructure) which has an important role in transmitting the load to the hard soil layer which has a high bearing capacity, which is deep enough in the ground, however, to calculate the carrying capacity there are several methods.

Analysis of the bearing capacity of the foundation piles for the construction of the Al Kamil Jatigede Mosque was carried out based on Sondir data and the Standard Penetration Test using the Meyerhoff and Aoki De Alencar calculation methods.

The results of the calculation of the carrying capacity of the foundation show different values, both seen from the use of the Aoki and De Alencar calculation methods, as well as the Meyerhof method. Where from the data sondir method Meyerhof $Q_{in} = 76.6160$ tonnes, from sondir data from the Aoki and De Alencar $Q_{in} = 79,340$ tonnes, from the SPT data of the Meyerhof $Q_{in} = 62,972$ ton.

The bearing capacity of the pile foundation based on Sondir data has a greater value than the bearing capacity of the foundation based on SPT data

Keywords : *pile bearing capacity based on CPT and SPT data*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, berkah, kesehatan dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Berjudul “ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN DATA CPT DAN SPT PEMBANGUNAN MASJID AL KAMIL JATIGEDE SUMEDANG” tepat pada waktu yang diharapkan.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, tidak terlepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta, Ayah Kurniawan dan Ibu Sanirah yang selalu menjadi penguat dan penyemangat utama bagi penulis dalam menyelesaikan kuliah dan penulisan laporan topik khusus ini yang tiada hentinya memberikan kasih sayang, perhatian, dukungan moral maupun materil kepada Penulis, terima kasih juga kepada kaka dan adik tersayang Rina Marlina, dan Bagas Rizkia Mubarak untuk segala dukungan dan kehangatan dalam keluarga.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan laporan topik khusus ini, yaitu kepada:

1. Dr. Didin Saepudin, S.E., M.Si selaku Rektor Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
2. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST., M.T Selaku wakil Rektor I Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
3. Bambang Susanto, SE., M.Si Selaku wakil Rektor II Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.

4. Nurhaeni Sikki, S. AP., M.AP. Selaku wakil Rektor III Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
5. Slamet Risnanto ST. M. Kom Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan keuangan dan Perbankan.
6. Muhammad Syukri, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
7. Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT selaku menjadi Dosen pembimbing penulis. Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Sangga Buana yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan kepada penulis selama menjalani pendidikan di Fakultas Teknik Sipil Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
9. Sahabat – sahabat kecil saya, Rival Martian, Ica Anisa, yang selalu memberikan do'a dan dukungan terbaik kepada penulis.
10. Teman – teman Teknik Sipil 2019 terima kasih atas dorongan dan bantuannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
11. Semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu – persatu yang telah memberikan bantuan maupun dukungan

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini sehingga kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Bandung, Januari 2023

Fakar Mubarok

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN	ii
Halaman Hak Cipta Mahasiswa S1	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Peneliltian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pendahuluan	5
2.2 Tanah	6
2.3 Penyelidikan Tanah (<i>Soil Investigation</i>)	7
2.3.1 Percobaan <i>Cone Penetrometer Test</i> (<i>Sondering Test</i>)	8
2.3.2 <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	15
2.4 Fondasi	18
2.4.1 Fondasi Dangkal (<i>Shallow Foundation</i>)	18
2.4.2 Fondasi Dalam (<i>Deep Foundation</i>)	21
2.5 Tiang Pancang	26

2.5.1	Definisi Tiang Pancang	26
2.5.2	Jenis-Jenis Tiang Pancang	30
2.6	Perencanaan Fondasi Tiang	40
2.6.1	Jenis-Jenis Alat Pancang	40
2.7	Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil Sondir.....	45
2.8	Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil SPT	48
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		53
3.1	Metode Pengolahan Data	53
3.2	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	54
3.3	Uraian <i>Flowchart</i> Penelitian	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		58
4.1	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang	58
4.1.1	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir dengan <i>Metode Meyerhoff</i>	58
4.1.2	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir dengan <i>metode Aoki dan De Alencar</i>	63
4.1.3	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data SPT (<i>Standard Penetration Test</i>)	66
4.2	Hasil Perhitungan Daya Dukung	72
BAB V PENUTUP.....		75
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga – harga Empiris ϕ dan Dr Pasir dan Lumpur Kasar Berdasarkan Sondir (Sumber: Soedarmo, 1993).....	13
Tabel 2.2 Hubungan Dr, ϕ dan N dari pasir (Peck, Meyerhoff)	17
Tabel 2.3 Hubungan Dr, ϕ dan N dari pasir (Terzaghi)	17
Tabel 2.4 Faktor empirik F_b dan F_s (<i>Titi & Farsakh, 1999</i>)	47
Tabel 2.5 Nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda (Titi & Farsak1999)	47
Tabel 2.6 Hubungan antara N dengan Berat Isi Tanah (Sosrodarsono, 1983)....	49
Tabel 2.7 SPT <i>hammer efficiencies</i> (<i>Clayton, 1990</i>)	51
Tabel 2.8 <i>Borehole, Sampler and Rod correction factors</i> (<i>Skempton, 1986</i>)	51
Tabel 4.1 Kapasitas daya dukung Tiang pancang berdasarkan <i>Metode Meyerhoff</i> Q_{ult} , Q_{ijin} , Q_{all} dan T_{ult} tiang pancang di titik S-1	60
Tabel 4.2 Nilai Perlawanan Penetrasi Konus (q_c) pada Titik Sondir S-1	63
Tabel 4.3 Kapasitas daya dukung Tiang pancang berdasarkan <i>Metode Aoki dan De Alencar</i> tiang pancang di titik S-1	65
Tabel 4.4 Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data <i>Standard Penetration Test</i> (SPT) BH-01	68
Tabel 4.5 Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data <i>Standard Penetration Test</i> (SPT) BH-02	71
Tabel 4.6 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan Data sondir dan SPT.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah	7
Gambar 2.2 Konus Sondir dalam Keadaan Tertekan dan Terbentang.....	10
Gambar 2.3 Cara Pelaporan Hasil Uji Sondir	12
Gambar 2.4 Kurva percobaan sondir	13
Gambar 2.5 Alat sondir dengan konus biasa.....	13
Gambar 2.6 Alat Percobaan Penetrasi Standard.....	15
Gambar 2.7 Fondasi Batu Bata.....	19
Gambar 2.8 Fondasi Umpak.....	19
Gambar 2.9 Fondasi Batu Kali	20
Gambar 2.10 Fondasi Rakit.....	20
Gambar 2.11 Fondasi konstruksi sarang laba-laba	21
Gambar 2.12 Pondasi Sumuran	23
Gambar 2.13 Fondasi Tiang Bor (<i>Bored Pile</i>)	24
Gambar 2.14 Fondasi Tiang Pancang Bulat Berongga.....	25
Gambar 2.15 Fondasi Tiang Franki (<i>Franki Pile</i>).....	25
Gambar 2.16 Tiang Pancang Beton kayu.....	31
Gambar 2.17 fondasiTiang Baja	33
Gambar 2.18 Tumpuan Ujung (<i>End Bearing Pile</i>).....	34
Gambar 2.19 Tumpuan Geser/Sisi (<i>Friction Pile</i>)	35
Gambar 2.20 Fondasi Tiang dengan Tahanan Lekatan.....	36
Gambar 2.21 Pemukul aksi tunggal (<i>Single-acting Hammer</i>)	41
Gambar 2.22 Pemukul Aksi Double (<i>Double-acting Hammer</i>).....	42
Gambar 2.23 Pemukul Diesel (<i>Diesel Hammer</i>)	43
Gambar 2.24 Pemukul Getar (<i>Vibratory Hammer</i>)	44
Gambar 2.25 Alat pancang tiang	45
Gambar 2.26 Variasi harga α berdasarkan kohesi tanah	49
Gambar 3.1 lokasi penelitian.....	53
Gambar 3.2 Flowchart Penelitian	54
Gambar 4.1 Grafik $Q_{ultimite}$ dan Q_{ijin} titik S-1	62
Gambar 4.2 Nilai q_c (side) pada titik S-1.....	64
Gambar 4.3 Grafik perbandingan Q_u hasil Sondir/CPT dan SPT	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

fondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dari dasar struktur bangunan yang berfungsi meneruskan beban yang diakibatkan struktur pada bagian atas kepada lapisan tanah yang berada pada bagian bawah struktur tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan tanah fondasi yang berlebihan. Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi konstruksi.

Tanah adalah fondasi pendukung bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat diatas atau dibawah permukaan tanah, maka harus dibuat fondasi yang dapat memikul beban bangunan itu atau gaya yang berkerja pada bangunan itu.

fondasi struktur bawah dapat di bagi dua yaitu fondasi dalam dan fondasi dangkal. Pemilihan tipe fondasi ini tergantung kepada struktur atau beban di atasnya termasuk beban ringan atau beban berat dan bergantung terhadap kondisi tanah di sekitarnya. Maka dari itu untuk beban ringan dan kondisi tanah baik biasanya digunakan fondasi dangkal, dan untuk beban yang berat digunakan pondasi dalam.

Dalam merencanakan pondasi untuk suatu konstruksi dapat di pilih tipe pondasi yang sesuai dengan bangunan tergantung pada beberapa faktor yaitu fungsi bangunan dan beban yang harus dipikul, kondisi permukaan tanah, daya dukung yang cukup, penurunan (*settlement*) yang tidak membahayakan bangunan serta biaya fondasi dibandingkan dengan biaya bangunan.

Pondasi tiang pancang (*pile foundation*) merupakan fondasi dalam yang ditanam atau dipancang didalam tanah dengan kedalaman tertentu yang berfungsi untuk meneruskan beban yang dipikul struktur pada bagian atas bangunan ke dasar tanah.

fondasi tiang pancang (*pile foundation*) sudah digunakan sebagai penerima beban dan sistem transfer beban bertahun-tahun. Struktur yang menggunakan

fondasi tiang pancang apabila tanah dasar tidak mempunyai kapasitas daya pikul yang memadai. Dari hasil pemeriksaan tanah menunjukkan bahwa tanah dangkal tidak stabil dan kurang keras atau apabila besarnya hasil estimasi penurunan tidak dapat diterima fondasi tiang pancang dapat menjadi bahan pertimbangan. Lebih jauh lagi, estimasi biaya dapat menjadi indikator bahwa fondasi tiang pancang biayanya lebih murah daripada jenis fondasi yang lain dibandingkan dengan biaya perbaikan tanah.

Analisa ini dilakukan adalah untuk melakukan simulasi secara analitis dan numerik mengenai perhitungan daya dukung tiang pancang (*pile foundation*) dengan menggunakan data data hasil percobaan. Penggunaan fondasi tiang pancang (*pile foundation*) ini menarik untuk dibahas, pertama yang berkaitan dengan daya dukungnya berdasarkan beberapa metode pengujian serta teori - teori yang ada. Metode pengujian untuk mendapat nilai daya dukung dari suatu fondasi yang digunakan di Indonesia adalah Uji Penetrasi Kerucut atau yang lebih dikenal dengan Sondir (*Dutch Cone Penetrometer*) karena di negeri ini banyak dijumpai tanah lembek (misalnya tanah lempung) hingga kedalaman yang cukup besar sehingga mudah ditembus oleh kerucut sondir (Bikonus). Perencanaan fondasi tiang pancang mencakup rangkaian kegiatan yang dilaksanakan dengan berbagai tahap yang meliputi studi kelayakan dan perencanaan teknis, yang bertujuan untuk mencapai hasil akhir yang diharapkan kuat, aman, serta ekonomis. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan daya dukung secara analitis merupakan data hasil percobaan dengan terlebih dahulu dilakukan pada laboratorium. Selain itu kapasitas daya dukung juga dapat di analisa dengan metode numerik dengan bantuan program.

1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan uraian latar belakang maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses Langkah – langkah menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data sondir (*Cone Penetration Test*) ?

2. Bagaimana proses Langkah – langkah menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data SPT (*Standard Penetration Test*) ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencegah meluasnya permasalahan yang ada, maka ruang lingkup dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Tidak membahas penurunan konsolidasi tiang pancang
2. Tidak membahas kapasitas daya dukung dengan metode lain dan hanya menggunakan data dari sondir (*Cone Penetration Test*) dan SPT (*Standard Penetration Test*)

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui proses Langkah – Langkah Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang secara analitis berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan Sondir (*Dutch Cone Penetrometer*)
2. Mengetahui proses Langkah – Langkah Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang secara analitis berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan SPT (*Standard Penetration Test*)

1.5 Manfaat Peneliltian

Manfaat dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagi Peneliti Untuk meningkatkan kemampuan dalam mengaplikasikan ilmu – ilmu yang diperoleh dari dunia akademis memperluas wawasan dan pengetahuan masalah tentang sebuah pondasi pancang, syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung
2. Bagi Pihak -pihak lain membutuhkan

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab satu berisikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tentang teori dasar, rumus dan segala sesuatu yang berhubungan dengan topik yang dibahas.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang uraian lokasi pengambilan data, proses pengumpulan dan proses pengolahan. teknik pengumpulan data dan pengolahan data. Serta bagaimana langkah – langkah pemecahan masalah dengan menggunakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Langkah pertama yang dikerjakan dalam pembangunan suatu konstruksi adalah pekerjaan fondasi baik itu pekerjaan gedung, jembatan, terowongan, menara, dan tanggul. fondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban yang diakibatkan struktur pada bagian atas kepada lapisan tanah yang berada pada bagian bawah struktur tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan tanah fondasi yang berlebihan. Maka dari itu, untuk mengantisipasi terjadinya hal – hal yang tidak diinginkan pada struktur bangunan sebaiknya terlebih dahulu harus diperhitungkan beban – beban yang bekerja, gaya – gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan sebagainya. Agar dapat menjamin kestabilan struktur bangunan tersebut.

Suatu perencanaan fondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh fondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan (Braja M. Das, 1995).

Ada dua hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan pembangunan pondas, yaitu:

- a. Daya dukung fondasi yang direncanakan harus lebih besar dari beban atau gaya – gaya yang bekerja pada struktur tersebut.
- b. Besarnya penurunan pondasi yang disebabkan oleh pembeban boleh melebihi penurunan yang diijinkan.

Fondasi dibedakan atas dua jenis, yaitu fondasi dangkal (shallow foundation), dan fondasi dalam (deep foundation). fondasi dangkal digunakan apabila lapisan tanah keras terletak tidak jauh dari permukaan tanahnya. fondasi dangkal didesain dengan kedalaman lebih kecil atau sama dengan lebar dari fondasi tersebut ($Df \leq 1$). Sedangkan fondasi dalam digunakan apabila lapisan tanah kerasnya terletak jauh dari permukaan tanah. fondasi dalam didesain dengan kedalaman lebih besar atau sama dengan lebar dari fondasi tersebut ($Df \geq 4$) (Das, 1995)

2.2 Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah material utama yang menerima dan penyaluran beban yang ditimbulkan oleh konstruksi bangunan yang dibuat di atasnya (upper structure). Maka dari itu kita harus mengetahui keadaan dan kondisi tanah agar struktur pondasi kita tersebut aman. Kita pastikan keadaan tanah tersebut mampu memikul, mendukungnya, serta tidak mengakibatkan kerusakan tanah dan penurunan yang berlebihan.

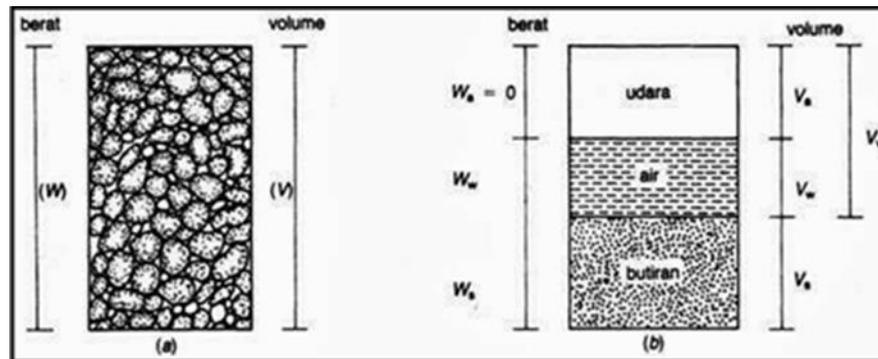
Defenisi Tanah

Dalam pengertian teknis secara umum, tanah didefenisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terikat (tersementasi) secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Braja M Das, 1995).

Tanah terdiri dari tiga komponen yaitu air, udara, dan bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis sedangkan air bisa mempengaruhi sifat – sifat teknis tanah. Ruang – ruang diantara butiran – butiran sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga terisi oleh air seluruhnya tanah dikatakan dalam kondisi jenuh. Sedangkan bila rongga terisi air dan udara tanah pada kondisi jenuh sebagian (*Partially Saturated*).

Dikarenakan merupakan gabungan dari partikel-partikel padat, udara dan air tadi menyebabkan tanah mempunyai komposisi dua atau tiga fase yang berbeda. Pada saat tanah berada dalam keadaan kering tanah akan terdiri dari dua fase yaitu butiran padat dan partikel udara. Jika pada tanah yang jenuh seluruhnya terdiri dari dua fase juga yaitu butiran padat dan air pori, sedangkan pada tanah keadaan jenuh sebagian maka terdiri dari tiga fase yaitu butiran padat, udara serta air pori.

Komponen-komponen tanah tersebut akan diperjelas pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah

(Sumber, Mekanika Jilid 1, Braja M. Das)

2.3 Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Untuk membangun sebuah bangunan dengan beban berat, terlebih dahulu dilakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*) agar dapat diketahui sifat fisik, karakteristik dan daya dukung lapisan tanah untuk keperluan desain tipe dan bentuk fondasi yang optimum dan ekonomis.

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) adalah pekerjaan awal yang harus dilakukan sebelum memutuskan akan menggunakan jenis fondasi dangkal atau fondasi dalam.

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) adalah proses pengambilan contoh (*sample*) tanah yang bertujuan untuk :

1. Menentukan sifat – sifat tanah yang terkait dengan perencanaan struktur yang akan dibangun di atasnya.
2. Menentukan kapasitas daya dukung tanah menurut tipe fondasi yang dipilih.
3. Menentukan tipe dan kedalaman fondasi.
4. Untuk mengetahui posisi muka air tanah
5. Untuk memprediksi besarnya penurunan
6. Menentukan besarnya tekanan tanah

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) ada dua jenis yaitu :

1. Penyelidikan di lapangan (*in situ test*)

Jenis penyelidikan di lapangan seperti pengeboran (*hand boring* ataupun *machine boring*), *Cone Penetrometer Test* (sondir), *Standard Penetration Test (SPT)*, *Sand Cone Test* dan *Dynamic Cone Penetrometer*.

2. Penyelidikan di laboratorium (*laboratory test*)

Jenis penyelidikan di laboratorium terdiri dari uji index properties tanah (*Atterberg Limit*, *Water Content*, *Spesific Gravity*, *Sieve Analysis*) dan *engineering properties* tanah (*direct shear test*, *triaxial test*, *consolidation test*, *permeability test*, *compaction test*, dan CBR).

Dari hasil penyelidikan tanah diperoleh contoh tanah (*soil sampling*) yang dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Contoh tanah tidak terganggu (*Undisturbed Soil*)

Suatu contoh tanah dikatakan tidak terganggu apabila contoh tanah itu dianggap masih menunjukkan sifat-sifat asli tanah tersebut. Sifat asli yang dimaksud adalah contoh tanah tersebut tidak mengalami perubahan pada strukturnya, kadar air, atau susunan kimianya. Contoh tanah seperti ini tidaklah mungkin bisa didapatkan, akan tetapi dengan menggunakan teknik – teknik pelaksanaan yang baik, maka kerusakan – kerusakan pada contoh tanah tersebut dapat diminimalisir. *Undisturbed soil* digunakan untuk percobaan *engineering properties*.

b. Contoh tanah terganggu (*Disturbed Soil*)

Contoh tanah terganggu adalah contoh tanah yang diambil tanpa adanya usaha – usaha tertentu untuk melindungi struktur asli tanah tersebut. *Disturbed soil* digunakan untuk percobaan uji *index properties* tanah.

2.3.1 Percobaan *Cone Penetrometer Test* (*Sondering Test*)

Pengujian *Cone Penetrometer Test* (CPT) atau sering disebut dengan sondir adalah proses memasukkan suatu batang tusuk dengan ujung berbentuk kerucut bersudut 60° dan luasan ujung 1,54 inch² ke dalam tanah dengan kecepatan tetap 2 cm/detik. Dengan pembacaan manometer yang terdapat pada alat sondir tersebut, kita dapat mengukur besarnya kekuatan tanah pada kedalaman tertentu. Sehingga

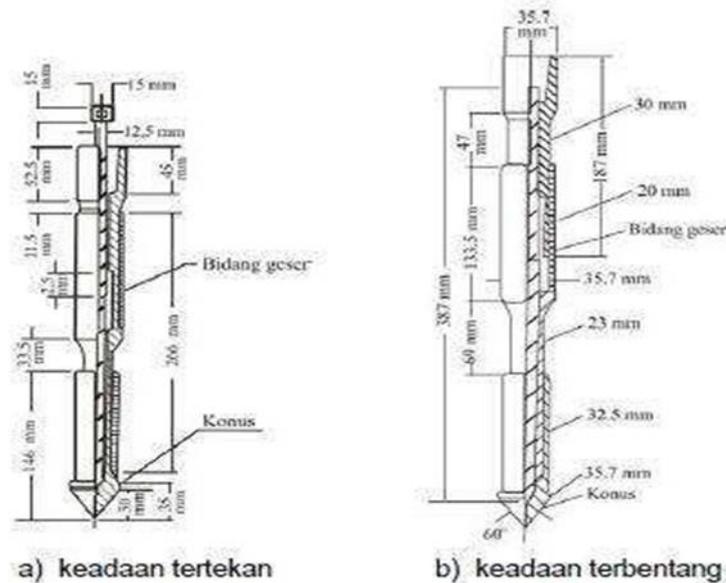
dapat diketahui dari berbagai lapisan tanah memiliki kekuatan yang berbeda. Menurut kapasitasnya, alat sondir dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- a. Sondir ringan, dengan kapasitas dua ton. Sondir ringan digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 150 kg/cm^2 atau penetrasi konus telah mencapai kedalaman 30 cm.
- b. Sondir berat, dengan kapasitas sepuluh ton. Sondir berat digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 500 kg/cm^2 atau penetrasi konus telah mencapai kedalaman 50 m.

Ada dua tipe ujung konus pada sondir mekanis :

- a. Konus biasa, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar dimana besar perlawanan lekatnya kecil.
- b. Bikonus, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan hambatan lekatnya dan biasanya digunakan untuk tanah berbutir halus. Tahanan ujung konus dan hambatan lekat dibaca setiap kedalaman 20 cm.

Cara pembacaan sondir dilakukan secara manual dan bertahap, yaitu dengan mengurangi hasil pengukuran (pembacaan manometer) kedua terhadap pengukuran (pembacaan manometer) pertama. Pembacaan sondir akan dihentikan apabila pembacaan manometer mencapai $> 150 \text{ kg/cm}^2$ (untuk sondir ringan) sebanyak tiga kali berturut-turut.



Gambar 2.2 Konus Sondir dalam Keadaan Tertekan dan Terbentang

(Sumber, Sosrodarsono & Nakazawa, 2005)

Langkah-langkah yang dilaksanakan dalam percobaan sondir adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan lokasi sekitar sondir dari rerumputan dan bebatuan, sehingga terdapat permukaan yang rata.
2. Memasang angker dan mengatur mesin sondir bisa berdiri vertikal tempat yang akan diperiksa dan pasang manometer,
3. Mengisi mesin sondir dengan oil, Usahakan pengisian oil sondir sampai bebas udara.
4. Memasang konus atau batang konus tersebut pada ujung pipa sondir pertama.
5. Pasang rangkai pertama beserta konus tersebut pada mesin sondir
6. Menyiapkan alat-alat untuk pembacaan antara lain tutup kran-kran dan jarum manometer harus pada posisi 0.
7. Kemudian kran pada manometer 0–60 kg/cm² dan 0–250 kg/cm² dibuka dan mulai penekanan. Umumnya konus atau batang konus mencapai

kedalaman 20 cm, manometer dibaca, mula-mula perlawanan tanah konis untuk penekanan 4 cm ke bawah sama 20 cm akan didapat pembacaan tahanan (JP) yaitu perlawanan penetrasi konis (PK) dan hambatan lekat (HL). Pembacaan manometer yaitu saat terjadi loncatan pada jarum manometer.

8. Kemudian dilakukan penekanan untuk kedalaman 20 cm berikutnya.

Kemudian ulangi lagi pembacaan tekanan konus atau batang konus pada pembacaan total.

9. Harus diperhatikan jika tanahnya makin keras dan $PK + JP$ mendekati 90 kg/cm² dilakukan pergantian manometer dengan jalan menutup kran manometer 0–60 kg/cm² pindah manometer 0–250 kg/cm².

10. Pembacaan PK dan JP dilakukan tiap 20 cm dan seterusnya.

Pembacaan dihentikan jika didapat pembacaan PK tiga kali berturut-turut melebihi 200 kg/cm² atau sampai kedalaman 30 m.

11. Apabila digunakan konus tidak memakai batang konis maka pembacaan manometer hanya dilakukan pada penekanan pertama (PK). Penekanan dilakukan pada setiap penekanan pipa sedalam 20 cm, dan

12. Untuk sondir berat pada waktu tekanan manometer tiga kali berturut-turut melebihi 500 kg/cm² atau kedalaman maksimum 30 m dihentikan.

Dari hasil test sondir ini didapatkan nilai jumlah perlawanan (JP) dan nilai perlawanan konus (PK), sehingga hambatan lekat (HL) didapatkan dengan menggunakan rumus :

1. Hambatan Lekat (HL)

$$HL = (JP - PK) \times \frac{AE}{B}$$

2. (Jumlah Hambatan Lekat (JHL)

$$JHL_i = \sum_0^i HL$$

Dimana :

PK = Perlawanan penetrasi konus (qc)

JP = Jumlah perlawanan (perlawanan ujung konus + selimut)

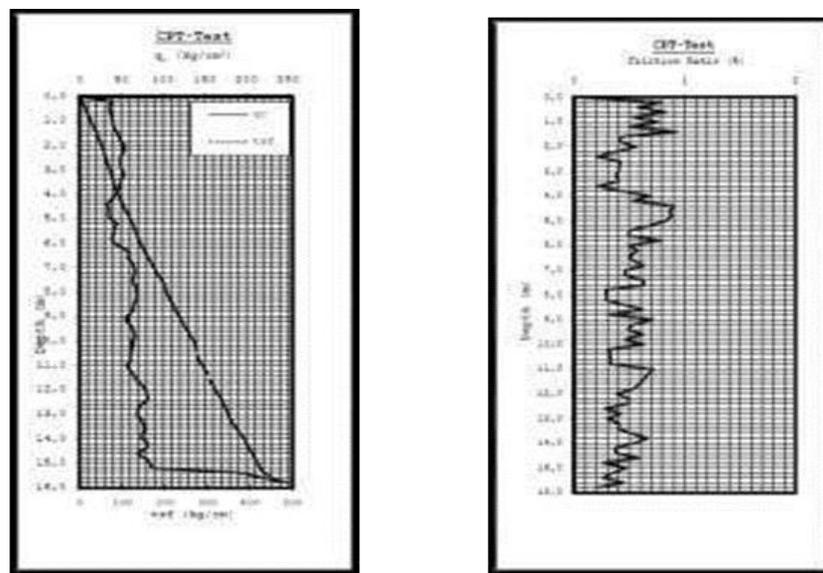
A = Interval pembacaan (setiap pembacaan 20 cm)

B = Faktor alat = luas konus / luas torak = 10 cm

i = Kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (m)

JHL = Jumlah Hambatan Lekat

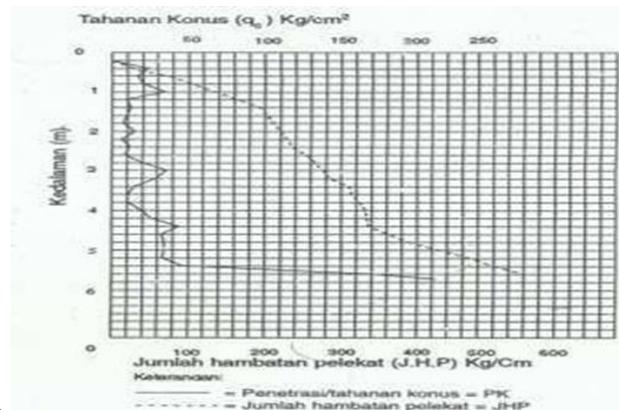
Hasil penyelidikan dengan sondir ini digambarkan dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara kedalaman setiap lapisan tanah dengan perlawanan penetrasi konus atau perlawanan tanah terhadap konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Hambatan lekat adalah perlawanan gesertanah terhadap selubung bikonus yang dinyatakan dalam gaya per satuan panjang.



Gambar 2.3 Cara Pelaporan Hasil Uji Sondir

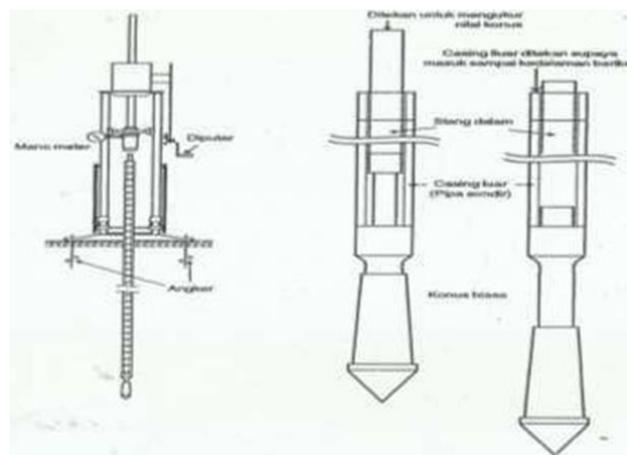
(Sumber: Sardjono, 1988)

Hasil – hasil perhitungan ini digambarkan dalam kertas grafik/kurva yang telah tersedia



Gambar 2.4 Kurva percobaan sondir

(Sumber: Soedarmo, 1993)



Gambar 2II.5 Alat sondir dengan konus biasa

(Sumber:Soedarmo, 1993)

Tabel 2.II.1 Harga – harga Empiris ϕ dan Dr Pasir dan Lumpur Kasar Berdasarkan Sondir (Sumber: Soedarmo, 1993)

Penetrasi konus PK = qc (kg/cm ²)	Densitas relatif Dr (%)	Sudut geser dalam (°)
20	-	25 – 30
20 – 40	20 – 40	30 – 35
40 – 120	40 – 60	35 – 40
120 – 200	60 – 80	40 – 45
>200	>80	>45

Tujuan dari pengujian sondir ini yaitu :

1. Untuk mengetahui kedalaman dan kekuatan lapisan – lapisan tana
2. Untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus (penetrasi terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas)
3. Untuk mengetahui jumlah hambatan lekat tanah (perlawana geser tahah terhadap selubung bikonus yang dinyatakan dalam gaya persatuan panjang),

Selain itu pengujian sondir ini memiliki kelebihan, yaitu :

1. Baik untuk lapisan tanah lempung
2. Dapat dengan cepat menentukan lapisan tanah keras
3. Dapat memperkirakan perbedaa lapisan tanah
4. Dapat menghitung daya dukung tanah dengan rumus empiris
5. Baik digunakan untuk menentukan letak muka air tanah.

Dan kekurangan dari percobaan sondir ini yaitu :

1. Tidak cocok digunakan pada lapisan tanah berbutir kasar (keras).
2. Hasil penyondiran diragukan apabila letak alat tidak vertikal atau konus dan bikonus bekerja tidak baik.
3. Setiap penggunaan alat sondir harus dilakukan kalibrasi dan

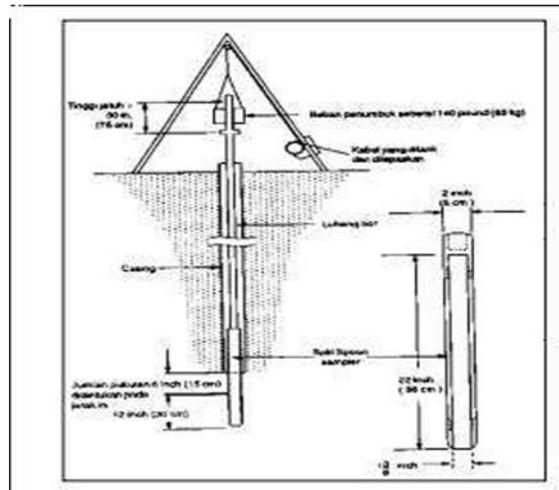
pemeriksaan perlengkapan antara lain :

- ✓ Manometer yang digunakan masih dalam keadaan baik sesuai dengan standard yang berlaku.
- ✓ Ukuran konus yang akan digunakan haus sesuai dengan ukuran standard (d = 36 mm)
- ✓ Jarum manometer harus menentukan awal nilai nol.
- ✓ Dalam pembacaan harus hati – hati.

2.3.2 *Standard Penetration Test (SPT)*

Standard Penetration Test (SPT) sering digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di lokasi. Percobaan penetrasi standar (*standard penetration test*) berasal dari Amerika Serikat. Pengujian langsung dilapangan dengan metode *Standard Penetration Test (SPT)* dilakukan dalam satu lubang bor dengan memasukkan tabung sampel yang berdiameter 35 mm sedalam 305 mm, kedalam tanah pada dasar lubang bor dengan memakai suatu beban penumbuk dengan berat 140 lb (63 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 30 in (75 cm). Setelah memasuki kedalam tanah 6 in (15 cm) jumlah pukulan ditentukan untuk memasukkannya kedalam sedalam 12 in (30cm) berikutnya. Jumlah pukulan ini disebut nilai N (N value) atau *Number of blows*, dengan satuan pukulan/kaki (blows per foot).

Pengujian *Standard Penetration Test* dilakukan setiap interval kedalaman pemboran 2 meter. Percobaan SPT relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan percobaan sondir. Selain itu, contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah, sehingga interpretasi kuat geser dan deformasi tanah dapat diperkirakandengan baik.



Gambar 2.6 Alat Percobaan Penetrasi Standard

(Sumber : Sosrodarsono & Nakazawa, 2005)

Pengamatan dan perhitungan SPT dilakukan sebagai berikut :

- a. Mula-mula tabung SPT dipukul ke dalam tanah sedalam 45 cm yaitu kedalaman yang diperkirakan akan terganggu oleh pengeboran.
- b. Kemudian untuk setiap kedalaman 15 cm dicatat jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk memasukkannya.
- c. Jumlah pukulan untuk memasukkan split spoon 15 cm pertama dicatat sebagai N1. Jumlah pukulan untuk memasukkan 15 cm kedua adalah N2 dan jumlah pukulan untuk memasukkan 15 cm ketiga adalah N3 . Jadi total kedalaman setelah pengujian SPT adalah 45 cm dan menghasilkan N1, N2, dan N3.
- d. Angka SPT ditetapkan dengan menjumlahkan 2 angka pukulan terakhir (N2+N3) pada setiap interval pengujian dan dicatat pada lembaran Drilling Log.
- e. Setelah selesai pengujian, tabung SPT diangkat dari lubang bor ke permukaan tanah untuk diambil contoh tanahnya dan dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk diamati di laboratorium.

Kemudian hasil dari pekerjaan bor dan SPT dituangkan dalam lembaran drilling log. Uji SPT dapat dihentikan jika jumlah pukulan melebihi 50 kali sebelum penetrasi 30 cm tercapai.

Tujuan Percobaan SPT yaitu :

- ✓ Untuk menentukan kepadatan relatif dan sudut geser (ϕ) lapisan tanah tersebut dari pengambilan contoh tanah dengan tabung.
- ✓ Dapat diketahui jenis tanah dan ketebalan dari setiap lapisan tanah.
- ✓ Untuk memperoleh data yang kumulatif pada perlawanan penetrasi tanah dan menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkohesi yang biasanya sulit diambil sampelnya

Tabel 2.II.2 Hubungan Dr, ϕ dan N dari pasir (Peck, Meyerhoff)

Nilai N	Kepadatan Relatif (Dr)		Sudut Geser Dalam	
			Menurut Peck	Menurut Meyerhoff
0-4	0,0-0,2	Sangat lepas	<28,5	<30
4-10	0,2-0,4	Lepas	28,5-30	30-35
10-30	0,4-0,6	Sedang	30-36	35-40
30-50	0,6-0,8	Padat	36-41	40-45
> 50	0,8-1,0	Sangat padat	> 41	> 45

(Sumber : (Sosrodarsono, 2000)

Tabel 2.II.3 Hubungan Dr, ϕ dan N dari pasir (Terzaghi)

Relative Density (Dr)	N
Very Soft / Sangat Lunak	< 2
Soft / Lunak	2 – 4
Medium / Kenyal	4 – 8
Stiff / Sangat Kenyal	8 – 15
Hard / Keras	15 – 30
Padat	> 30

Keuntungan dan kerugian pengujian SPT (*Standard Penetration Test*) adalah sebagai berikut:

1. Keuntungan:

- Dapat diperoleh nilai N dan contoh tanah (terganggu).
- Prosedur pengujian sederhana, dapat dilakukan secara manual.
- Dapat digunakan pada sembarang jenis tanah dan batuan lunak.
- Pengujian SPT pada pasir, hasilnya dapat digunakan secara langsung untuk memprediksi kerapatan relatif dan kapasitas daya dukung tanah.

2. Kerugian:

- Sampel dalam tabung SPT diperoleh dalam kondisi terganggu.
- Nilai N yang diperoleh merupakan data sangat kasar, bila digunakan untuk tanah lempung.
 - Derajat ketidak pastina hasil uji SPT yang diperoleh bergantung pada kondisi alat dan operator.

- Hasil tidak dapat dipercaya dalam tanah yang mengandung banyak kerikil.

2.4 Fondasi

Pada umumnya jenis fondasi dapat digolongkan menjadi 2 tipe yaitu :

2.4.1 Fondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Fondasi jenis ini biasanya dilaksanakan pada tanah dengan kedalaman tanah tidak lebih dari 3 meter atau sepertiga dari lebar alas fondasi. Dengan kata lain, pondasi ini diterapkan pada tanah yang keras atau stabil yang mendukung struktur bangunan yang tidak terlalu berat dan tinggi, dengan kedalaman tanah keras kurang dari 3 meter. Fondasi dangkal tidak disarankan untuk dilaksanakan pada jenis tanah yang kurang stabil atau memiliki kepadatan tanah yang buruk, seperti tanah bekas rawa/gambut. Bila kondisi memaksa untuk dilaksanakan pada tanah yang kurang stabil, harus diadakan perbaikan tanah terlebih dahulu dengan sistem memakai cerucup/tiang pancang yang ditanam dibawah fondasi.

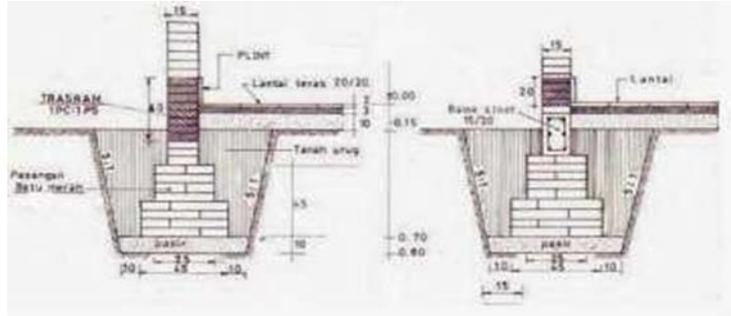
Kekuatan fondasi dangkal ada pada luas alasnya, karena fondasi ini berfungsi untuk meneruskan sekaligus meratakan beban yang diterima oleh tanah. fondasi dangkal ini digunakan apabila beban yang diteruskan ke tanah tidak terlalu besar. Misalnya, rumah sederhana satu lantai, dua lantai, dan sebagainya.

fondasi dangkal terdiri dari berbagai jenis, yaitu :

1. Fondasi Batu Bata

Fondasi batu bata biasa digunakan untuk fondasi dinding, terutama digunakan pada bangunan rumah tinggal tidak bertingkat, seluruh beban atap/beban bangunan umumnya dipikul oleh dinding dan diteruskan ke tanah melalui pondasi menerus sepanjang dinding bangunan. Keuntungan memakai pondasi ini adalah beban bangunan dapat disalurkan secara merata, dengan catatan seluruh pondasi berdiri diatas tanah keras. Sementara kelemahannya, pondasi batu bata telah lama ditinggalkan karena tergolong mahal dan pemasangannya membutuhkan waktu yang lama karena batu-bata merupakan bahan yang rentan terhadap air sehingga pemasangannya harus dapat terselimuti dengan baik, serta tidak memiliki kekuatan yang bisa diandalkan.

Akan tetapi, Fondasi ini tetap digunakan untuk menahan beban ringan, misalnya pada teras.



Gambar 2.7 Fondasi Batu Bata

(Sumber : Architec Moo, 2014)

2. Fondasi Telapak /Umpak

Fondasi umpak dipakai untuk bangunan sederhana yang umumnya dibuat dari rangka kayu dengan dinding dari papan atau anyaman bambu. Fondasi umpak dipasang di bawah setiap tiang-tiang penyangga. Tiang-tiang ini satu dan lainnya saling dihubungkan dengan balok-balok kayu yang dipasang dibagian bawah tiang yang juga untuk menumpu papan-papan lantainya, dan dibagian atas tiang yang menyatu dengan rangka atapnya. Untuk memelihara keawetan kayu-kayunya, pondasi umpak dibuat sampai keluar dari permukaan tanah setinggi ± 1.00 m.



Gambar 2.8 Fondasi Umpak

(Sumber : M. Hanif A.S, 2011)

3. Pondasi Batu Kali

Bahan dasarnya adalah batu kali dan sering kita temui pada bangunan-bangunan rumah tinggal. Fondasi ini masih digunakan, karena selain kuat, pondasi ini masih tergolong murah. Bentuknya yang trapesium dengan ukuran tinggi 60 – 80 cm, lebar pondasi bawah 60 – 80 cm dan lebar pondasi atas 20 – 30 cm.



Gambar 2.9 Fondasi Batu Kali

(Sumber : Atadroe, 2011)

4. Fondasi Rakit

Fondasi rakit yaitu fondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai fondasi telapak, sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain



Gambar 2.10 Fondasi Rakit

(Sumber : M. Hanif A.S, 2011)

5. Fondasi Telapak/Footplat

Fondasi ini kadang – kadang sering dijumpai pada lapisan tanah keras. Letaknya pada kedalaman lebih dari 1.50 m dari permukaan tanah setempat. Bila digunakan pondasi menerus akan sangat mahal dan tidak efisien. Untuk mengatasinya dapat digunakan fondasi yang dibuat dibawah kolom – kolom pendukung bangunan disebut pondasi setempat. Jadi yang merupakan fondasi utama pendukung bangunan adalah fondasi setempat. Dasar fondasi telapak bisa berbentuk persegi panjang atau persegi.

Plat beton tipis menerus itu di bagian bawahnya dikakukan oleh rib-rib tegak tipis yang relatif tinggi, sehingga secara menyeluruh berbentuk kotak terbalik. Rib-rib tegak dan kaku tersebut diatur membentuk petak-petak segitiga dengan hubungan kaku (rigit). Rib- rib tersebut terbuat dari beton bertulang. Sementara rongga yang ada dibawah plat diantara rib-rib diisi dengan perbaikan tanah/pasir yang dipadatkan dengan baik, lapis demi lapis per 20 cm.



Gambar 2.11 Fondasi konstruksi sarang laba-laba

(Sumber : M. Hanif A.S, 2011)

2.4.2 Fondasi Dalam (*Deep Foundation*)

Fondasi dalam adalah pondasi yang didirikan dipermukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar fondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah. Fondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. fondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk fondasi tiang pancang, dinding pancang dan caissons atau

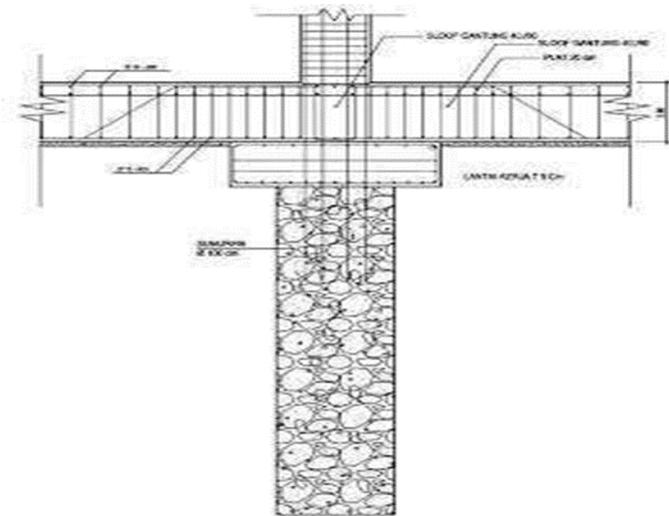
fondasi kompensasi. Fondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari. Daya dukung fondasi dalam mengandalkan ujung (*point bearing*), gesekan (*friction*), lekatan (*adhesive*), dan gabungan.

Jenis-jenis fondasi dalam diantaranya, yaitu :

1. Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara fondasi dangkal dan fondasi tiang. Fondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya berada pada kedalaman lebih dari 3m. Diameter sumuran biasanya antara 0.80 -1.00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya. Disebut pondasi Sumuran, karena dalam pengerjaannya membuat lubang-lubang berbentuk sumur. Lobang ini digali hingga mencapai tanah keras atau stabil. Sumur-sumur ini diberi buis beton dengan ketebalan kurang lebih 10 cm dengan pembesian. Dasar dari sumur dicor dengan ketebalan 40 cm sampai 1,00 m, diatas coran tersebut disusun batu kali sampai dibawah 1,00 m buis beton teratas. Ruang kosong paling atas dicor kembali dan diberi angker besi, yang gunanya untuk mengikat plat beton diatasnya. Plat beton ini mirip dengan pondasi plat setempat, yang fungsinya untuk mengikat antar kolom yang disatukan oleh *sloof beton*.

Pondasi ini digunakan apabila beban kerja pada struktur pondasi cukup berat dan letak tanah keras atau lapisan tanah dengan daya dukung tinggi relatif tidak terlalu dalam. Pondasi ini kurang populer sebab banyak kekurangannya, diantaranya boros adukan beton dan untuk ukuran *sloof* haruslah besar. tersebut membuat pondasi ini kurang diminati.



Gambar 2.12 Pondasi Sumuran

(Sumber : Atadroe, 2011)

2. Fondasi *Bored Pile*

Fondasi *Bored Pile* adalah bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah dengan kedalaman tertentu. Fondasi di tempatkan sampai ke dalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lobang yang dibor dengan alat khusus. Setelah mencapai kedalaman yang disyaratkan, kemudian dilakukan pemasangan kesing/begisting yang terbuat dari plat besi, kemudian dimasukkan rangka besi Fondasi yang telah dirakit sebelumnya, lalu dilakukan pengecoran terhadap lobang yang sudah di bor tersebut. Pekerjaan Fondasi ini tentunya dibantu dengan alat khusus, untuk mengangkat kesing dan rangka besi. Setelah dilakukan pengecoran kesing tersebut dikeluarkan kembali. Sistem kerja fondasi ini hampir sama dengan Fondasi Pile (Tiang Pancang), yaitu meneruskan beban stuktur bangunan diatas ke tanah dasar dibawahnya sampai kedalaman tanah yang dianggap kuat (memiliki daya dukung yang cukup). Untuk itu diperlukan kegiatan sondir sebelumnya, agar daya dukung tanah dibawah dapat diketahui pada kedalaman berapa meter yang dianggap memadai untuk mendukung konstruksi diatas yang akan dipikul nantinya.

Jenis fondasi ini cocok digunakan untuk lokasi pekerjaan yang disekitarnya rapat dengan bangunan orang lain, karena proses pembuatan fondasi

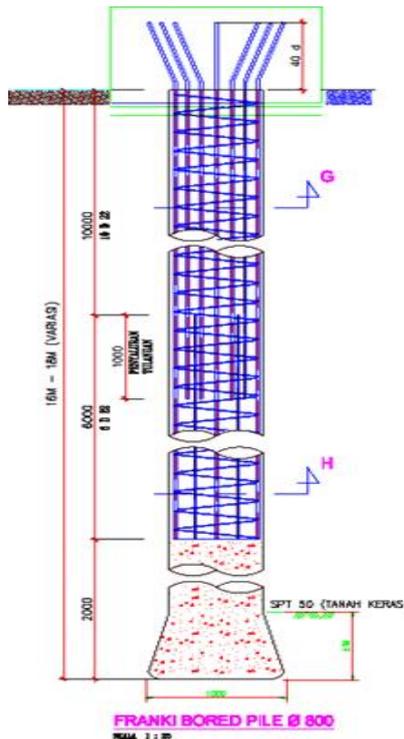
ini tidak menimbulkan efek getar yang besar, seperti pembuatan fondasi Pile (Tiang Pancang) yang pemasangannya dilakukan dengan cara pukulan memakai beban/hammer.

Kelebihan dari Fondasi *Bored Pile*, yaitu :

- Volume betonnya sedikit
- Biayanya relatif murah
- Ujung pondasi bisa bertumpu pada tanah keras

Kekurangan dari Fondasi *Bored Pile*, yaitu :

- Diperlukan peralatan bor
- Pelaksanaan pemasangannya relative agak susah.
- Pelaksanaan yang kurang bagus dapat menyebabkan pondasi keropos karena unsur semen larut oleh air tanah.

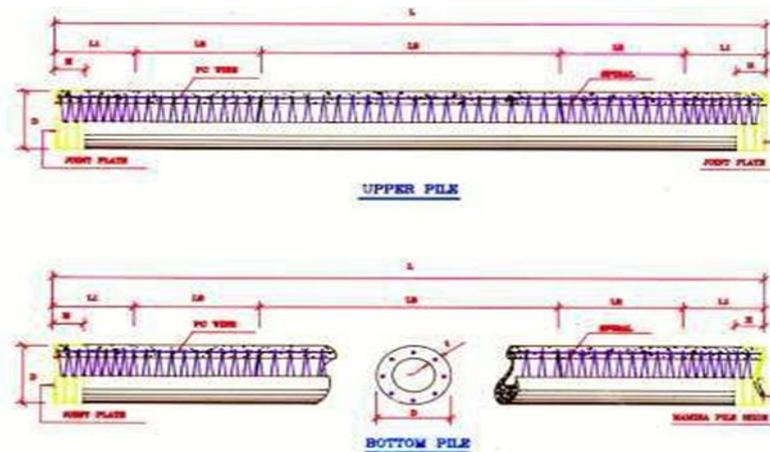


Gambar 2.13 Fondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

(Sumber : Atadroe, 2011)

3. Fondasi Tiang Pancang (*driven pile*)

Fondasi tiang pancang ini merupakan fondasi yang banyak digunakan untuk pembangunan gedung berlantai banyak seperti apartemen, rumah sakit, perkantoran dan lain – lain. Fondasi tiang pancang ini hampir sama dengan fondasi *bored pile*. Namun pondasi tiang pancang memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan pondasi *bored pile*. Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama dari tiang adalah kayu, baja, dan beton. Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, dibor atau didongkrak ke dalam tana dan dihubungkan dengan *pile cap* (*pier*).

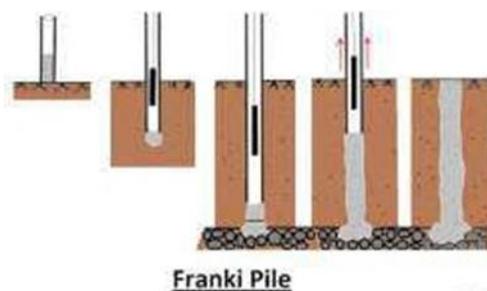


Gambar 2.14 Fondasi Tiang Pancang Bulat Berongga

(Sumber : PT. Wijaya Karya Beton)

4. Pondasi Tiang Franki (*franki pile*)

Tiang franki adalah salah satu dari tiang beton yang dicor di tempat.



Gambar 2.15 Fondasi Tiang Franki (*Franki Pile*)

(Sumber : Bowles, 1991)

Keterangan gambar di atas :

1. Pipa baja dengan ujungnya disumbat beton yang sudah mengering.
2. Dengan penumbuk jatuh bebas (*drop hammer*) sumbat beton tersebut ditumbuk. Akibat dari tumbukan tersebut, pipa beton dan sumbatnya akan masuk ke dalam tanah.
3. Pipa terus ditumbuk dan sudah mencapai lapisan tanah keras.
4. Setelah itu pipanya ditarik ke luar ke atas sambil dilakukan pengecoran.
5. Tiang Franki sudah selesai, sumbat beton melebar sehingga ujung bawah akan berbentuk seperti jamur (*The Mushroom Base*) sehingga tahanan ujung menjadi besar. Sedangkan permukaan tiang tidak lagi rata, sehingga lekatannya dengan tanah menjadi sangat kasar.

2.5 Tiang Pancang

fondasi tiang (*pile foundation*) adalah suatu konstruksi fondasi yang mampu menahan gaya orthogonal (gaya tegak lurus) kesumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Fondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi. (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000). Pondasi tiang digunakan untuk suatu bangunan yang tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul beban berat bangunan dan beban yang diterimanya atau apabila tanah pendukung yang mempunyai daya dukung yang cukup letaknya sangat dalam. Fondasi tiang ini berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterimanya dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah dalam yang mampu memikul berat bangun tersebut.

Fondasi tiang ini berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterimanya dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah dalam yang mampu memikul berat bangun tersebut.

2.5.1 Definisi Tiang Pancang

Fondasi tiang pancang (*pile cap foundation*) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang

lebih dalam. Bahan utama dari tiang adalah kayu, baja (*steel*), dan beton. Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, dibor atau di dongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan pile cap (*poer*). Tergantung juga pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang diklasifikasikan berbeda-beda.

Dalam merencanakan fondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe fondasi. Pemilihan tipe fondasi ini didasarkan atas :

1. Fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh fondasi tersebut.
2. Besarnya beban dan berat dari bangunan atas.
3. Kondisi tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.
4. Biaya fondasi dibandingkan dengan bangunan atas.

Kegunaan dari fondasi tiang pancang ini meliputi beberapa hal, yaitu diantaranya adalah :

1. Untuk membawa beban-beban konstruksi di atas permukaan tanah ke dalam tanah melalui lapisan tanah. Dalam hal ini, transfer gaya yang terjadi tidak hanya menyangkut beban gaya vertikal saja, namun juga meliputi gaya lateral.
2. Untuk menahan gaya desakan ke atas yang sering kali menyebabkan terjadinya kegagalan guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh. Fondasi telapak dapat juga dipakai untuk menopang kaki-kaki menara terhadap kegagalan guling, dimana gaya momen yang dihasilkan dari beban horisontal (dalam hal ini beban angin) dapat ditahan oleh gaya friksi tanah terhadap permukaan fondasi tiang pancang.
3. Dapat memampatkan endapan tak berkoheesi yang bebas lepas di dalam tanah dengan melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan saat pemancangan. Dalam pelaksanaannya, pondasi tiang pancang tersebut dapat ditarik keluar kemudian.
4. Mengontrol penurunan bila kaki-kaki yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi.
5. Membuat tanah di bawah fondasi sebuah mesin menjadi kaku untuk mengontrol amplitudo getaran dan frekwensi alamiah dari sistem mesin

tersebut bila dijalankan. Dalam hal ini, transfer beban dinamis akibat getaran (*vibrasi*) sebuah mesin dapat dilaksanakan dengan baik tanpa harus mengubah struktur tanah, dimana tanah menjadi kaku dan teredam dari *vibrasi* mesin.

6. Sebagai faktor keamanan tambahan di bawah tumpuan jembatan dan tiang khususnya, jika erosi merupakan persoalan yang potensial. Dengan adanya fondasi tiang pancang, kegagalan gelincir yang dapat disebabkan oleh erosi dan beban horisontal akan dapat diatasi.
7. Dalam konstruksi yang didirikan pada lepas pantai, Fondasi tiang pancang digunakan untuk meneruskan beban-beban yang terjadi di atas permukaan air pada struktur ke dalam air dan ke dalam dasar tanah yang mendasari air tersebut. Hal ini berlaku pada pondasi tiang pancang yang ditanamkan sebagian ke dalam tanah pada dasar air dan yang terpengaruh oleh beban vertikal dan tekuk serta beban lateral. Dengan demikian, dengan dipakainya fondasi tiang pancang pada suatu struktur pada lepas pantai, selain memanfaatkan daya dukung tanah seperti fondasi pada umumnya, juga memanfaatkan daya dukung air untuk menjaga kestabilan struktur.

Penggunaan tiang pancang untuk konstruksi biasanya bertitik tolak pada beberapa hal mendasar seperti anggapan adanya beban yang besar sehingga pondasi langsung jelas tidak dapat digunakan, kemudian jenis tanah pada lokasi yang bersangkutan relatif lunak (lembek) sehingga fondasi langsung tidak ekonomis lagi untuk dipergunakan. Mengingat pembuatan fondasi tiang pancang dibandingkan dengan pembuatan fondasi lain, fondasi ini mempunyai beberapa keuntungan sebagai berikut :

1. Waktu pelaksanaannya relatif cepat.
2. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
3. Kekuatan tiang yang dihasilkan dapat diandalkan karena tiang dibuat di pabrik dengan pemeriksaan kualitas yang ketat.
4. Pelaksanaannya lebih mudah.

Pondasi tiang juga mempunyai kelemahan sebagai berikut :

1. Pemancangan sulit dilakukan apabila diameter tiang terlalu besar
2. Harga pondasi tiang mahal

3. Pada pelaksanaan pemancangan tiang menimbulkan getaran dan kebisingan pada daerah sekitar yang berpenduduk padat

Struktur yang menggunakan fondasi tiang pancang apabila tanah dasar tidak mempunyai kapasitas daya pikul yang memadai. Jika hasil pemeriksaan tanah menunjukkan bahwa tanah dangkal tidak *stabil* dan kurang keras atau apabila besarnya hasil estimasi penurunan tidak dapat diterima, fondasi tiang pancang dapat menjadi bahan pertimbangan. Tiang pancang juga digunakan untuk kondisi tanah yang normal untuk menahan beban *horizontal*. Tiang pancang merupakan metode yang tepat untuk pekerjaan di atas air, seperti *jetty* atau dermaga.

Dalam mendesain fondasi tiang pancang mutlak diperlukan informasi mengenai :

- Data tanah dimana bangunan akan didirikan.
- Daya dukung tiang pancang sendiri (baik *single* atau *group pile*).
- Analisa *negative skin friction* (karena mengakibatkan beban tambahan).

Gaya geser negatif (*negative skin friction*) adalah suatu gaya yang bekerja pada sisi tiang pancang dan bekerja ke arah bawah sehingga memberikan penambahan beban secara *vertikal* selain beban luar yang bekerja. *Negative skin friction* berbeda dengan positif *skin friction*, karena positif *skin friction* justru membantu memberikan gaya dukung pada tiang dalam melawan beban luar/vertikal yang bekerja dengan cara memberikan perlawanan geser disisi-sisi tiang, dengan arah kerja yang berlawanan dari arah gaya luar yang bekerja ataupun gaya dari *negative skin friction*.

Negatif *skin friction* terjadi ketika lapisan tanah yang diperkirakan mengalami penurunan cukup besar akibat proses konsolidasi, dimana akibat proses konsolidasi ini tiang mengalami gaya geser dorong ke arah bawah yang bekerja pada sisi-sisi tiang (karena terbebani). Keadaan ini disebut sebagai keadaan tiang mengalami gaya geser negatif (*negative skin friction*). Jika jumlah gaya-gaya sebagai akibat dari beban luar dan gaya geser negatif ini melebihi gaya dukung tanah yang diizinkan, akan terjadi penurunan tiang yang disertai dengan penurunan tanah disekitarnya.

2.5.2 Jenis-Jenis Tiang Pancang

Fondasi tiang pancang dapat digolongkan berdasarkan pemakaian bahan, cara penyaluran beban, cara pemasangannya, dan berdasarkan perpindahan tiang.

a. Fondasi tiang pancang menurut pemakaian bahan

Tiang pancang dapat dibagi ke dalam beberapa kategori sebagai berikut :

A. Tiang Pancang Kayu

Pemakaian tiang pancang kayu ini adalah cara tertua dalam penggunaan tiang pancang sebagai fondasi. Tiang kayu akan tahan lama dan tidak mudah busuk apabila tiang kayu tersebut dalam keadaan terendam penuh di bawah muka air tanah. Sesudah reruntuhan daripada menara, penggalian-penggalian memperlihatkan bahwa tiang pancang dari kayu yang telah dipancang ratusan tahun masih dalam keadaan yang baik. Tiang pancang dari kayu lebih cepat rusak atau busuk apabila dalam keadaan kering dan basah yang selalu berganti-ganti. Sedangkan pengawetan serta pemakaian obat-obatan pengawet untuk kayu hanya akan menunda atau memperlambat kerusakan daripada kayu, akan tetapi tetap tidak akan dapat melindungi untuk seterusnya. Tiang pancang kayu ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah-daerah dimana sangat banyak terdapat hutan kayu seperti di Kalimantan, sehingga mudah memperoleh balok/tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar untuk digunakan sebagai tiang pancang.

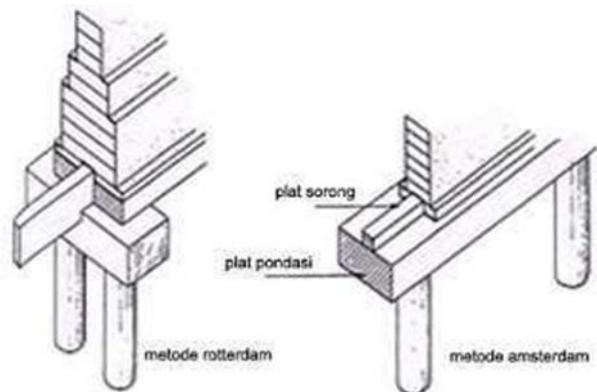
Keuntungan pemakaian tiang pancang kayu :

- a. Tiang pancang dari kayu relatif ringan sehingga mudah dalam pengangkutan.
- b. Kekuatan tarik besar sehingga pada waktu pengangkatan untuk pemancangan tidak menimbulkan kesulitan seperti misalnya pada tiang pancang beton precast.
- c. Mudah untuk pemotongan apabila tiang kayu ini sudah tidak dapat masuk lagi ke dalam tanah.
- d. Tiang pancang kayu ini lebih sesuai/baik untuk *friction pile* daripada untuk end bearing pile sebab tegangan tekannya *relatif* kecil.
- e. Karena tiang pancang kayu ini *relatif flexibel* terhadap arah *horizontal*

dibandingkan dengan tiang-tiang pancang selain dari kayu, maka apabila tiang ini menerima beban horizontal yang tidak tetap, tiang ini akan melentur dan segera kembali ke posisi setelah beban horizontal tersebut hilang.

Kerugian pemakaian tiang pancang kayu :

- a. Karena tiang pancang jenis ini harus selalu terletak di bawah muka air tanah yang terendah agar dapat tahan lama, maka kalau air tanah yang terendah tersebut letaknya sangat dalam, hal ini akan menambah biaya untuk penggalian.
- b. Tiang pancang yang dibuat dari kayu mempunyai umur yang relatif kecil dibandingkan tiang pancang yang dibuat dari baja ataupun beton, terutama pada daerah yang tinggi air tanahnya sering naik dan turun.
- c. Apabila pada waktu pemancangan pada tanah berbatu (*gravel*) ujung tiang pancang kayu ini kurang lurus, maka pada waktu dipancang akan menyebabkan penyimpangan terhadap arah yang telah ditentukan.
- d. Tiang pancang kayu tidak tahan terhadap hal-hal yang menyebabkan pembusukan, seperti jamur dan lain-lain.



Gambar 2.16 Tiang Pancang Beton kayu

(Sumber : Bowles, 1991)

B. Tiang Pancang Beton

Keuntungannya yaitu :

- a. Karena tiang dibuat di pabrik dan pemeriksaan kualitas ketat dapat

dilakukan setiap saat, hasilnya lebih dapat diandalkan.

- b. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
- c. Daya dukung dapat diperkirakan berdasarkan rumus tiang pancang sehingga mempermudah pengawasan pekerjaan konstruksi.
- d. Cara penumbukan sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung *vertikal*.

Kerugiannya yaitu

- a. Karena dalam pelaksanaannya menimbulkan getaran dan kegaduhan maka pada daerah yang berpenduduk padat di kota dan desa, akan menimbulkan masalah disekitarnya.
- b. Pemancangan sulit, bila diameter tiang terlalu besar.
- c. Bila panjang tiang pancang kurang, maka untuk melakukan penyambungannya sulit dan memerlukan alat penyambung khusus.
- d. Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.

Tiang pancang beton terdiri dari 3 macam, yaitu :

1. *Precast Reinforced Concrete Pile.*
2. *Precast Prestressed Concrete Pile.*
3. *Cast in Place Pile.*

C. Tiang Pancang Baja

Jenis-jenis tiang baja ini biasanya berbentuk H yang digiling atau merupakan tiang pipa. Tiang H adalah tiang pancang yang memiliki perpindahan volume yang kecil karena daerah penampangnya tidak terlalu besar. Pondasi tiang H mempunyai suatu keuntungan kekakuan yang memadai yang mana tiang H ini akan memecah bongkah-bongkah batu kecil atau memindahkannya kesatu sisi.

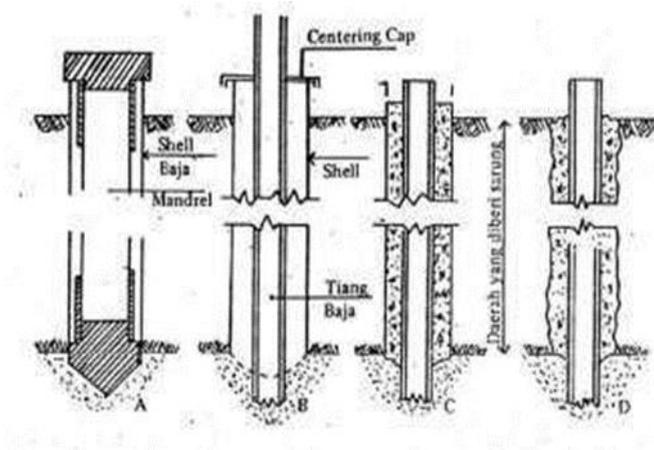
Sambungan-sambungan dalam tiang baja dibuat dengan cara yang sama seperti dalam kolom-kolom baja, yaitu dengan mengelas atau dengan pemakaian baut. Kecuali untuk proyek-proyek kecil yang hanya membutuhkan sedikit pondasi tiang, saat ini kebanyakan sambungan (*splices*) dibuat dengan penyambung-penyambung sambungan yang telah dibuat terlebih dahulu.

Keuntungan pemakaian tiang pancang baja, yaitu

- a. Tiang pancang ini mudah dalam dalam hal penyambungannya.
- b. Tiang pancang ini memiliki kapasitas daya dukung yang tinggi.
- c. Saat pengangkatan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah.

Kerugian pemakaian tiang pancang baja, yaitu :

- a. Tiang pancang ini mudah mengalami korosi.
- b. Bagian H pile dapat rusak atau dibengkokkan oleh rintangan besar



Gambar 2.17 fondasiTiang Baja

(Sumber :Bowles, 1991)

D. Tiang Pancang Komposit

Tiang pancang komposit adalah tiang pancang yang terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Kadang-kadang pondasi tiang dibentuk dengan menghubungkan bagian atas dan bagian bawah tiang dengan bahan yang berbeda, misalnya dengan bahan beton di atas muka air tanah dan bahan kayu tanpa perlakuan apapun di sebelah bawahnya. Biaya dan kesulitan yang timbul dalam pembuatan sambungan menyebabkan cara ini diabaikan.

Tiang pancang komposit ini terdiri dari :

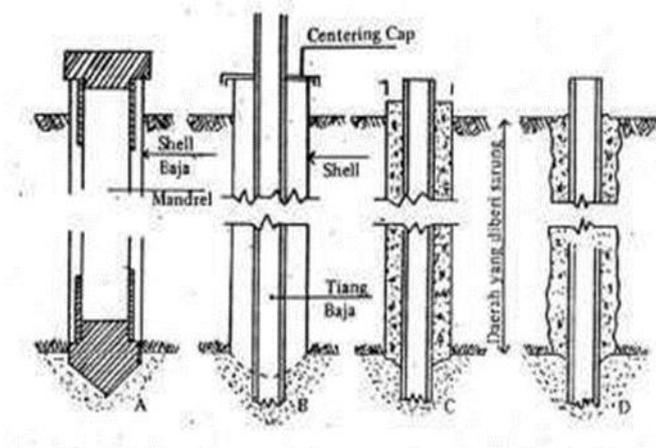
1. *Water Proofed Steel and Wood Pile*

2. *Composite Dropped in – Shell and Wood Pile*
3. *Composite Ungased – Concrete and Wood Pile*
4. *Composite Dropped – Shell and Pipe Pile*
5. *Franki Composite Pile*

b. Fondasi berdasarkan cara penyaluran beban yang diterima tiang kedalam tanah Berdasarkan cara penyaluran bebannya ketanah, fondasi tiang dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu :

A. Fondasi tiang dengan tahanan ujung (*End Bearing Pile*)

Fondasi tiang jenis ini meneruskan beban melalui tahanan ujung tiang kepermukaan lapisan tanah pendukung. Dari hasil sondir dapat dipakai kira-kira harga perlawanan konus $S \geq 150 \text{ kg/cm}^2$ untuk lapisan *non kohesif*, dan $S \geq 70 \text{ kg/cm}^2$ untuk *kohesif*. Menurut Hardiyatmo, 2002, Tiang dukung ujung (*End Bearing Pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zone tanah yang lunak yang berada di atas tanah keras. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada di bawah ujung tiang.



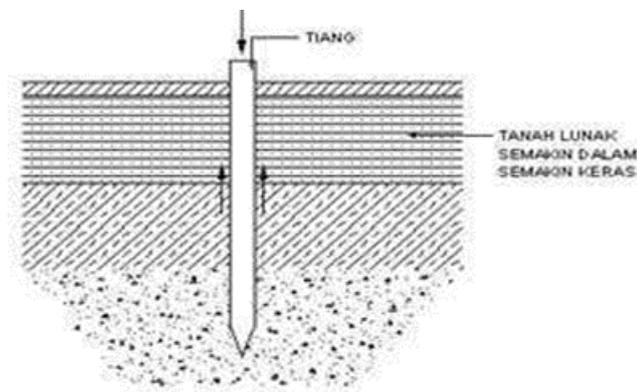
Gambar 2.18 Tumpuan Ujung (*End Bearing Pile*)

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

B. Tiang pancang dengan tahanan geser/sisi (*Friction Pile*)

Jenis tiang pancang ini akan meneruskan beban ketanah melalui gesekan antara tiang dengan tanah sekelilingnya. Bila butiran tanah sangat halus, tidak akan menyebabkan tanah di antara tiang-tiang menjadi padat. Sebaliknya, bila butiran tanah kasar maka tanah diantara tiang-tiang akan semakin padat. Perbedaan dari kedua jenis tiang pancang ini, semata-mata hanya dari segi kemudahan, karena pada umumnya tiang pancang berfungsi sebagai kombinasi antara *friction pile* (tumpuan sisi) dan *end bearing pile* (tumpuan ujung). Kecuali tiang pancang yang menembus tanah yang sangat lembek sampai lapisan tanah dasar yang padat.

Menurut Hardiyatmo, 2002, Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya. Tahanan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah di bawahnya diperhitungkan pada hitungan kapasitas tiang.

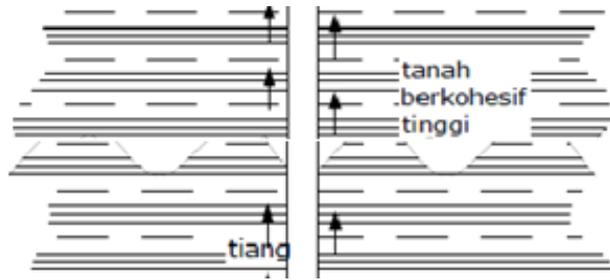


Gambar 2.19 Tumpuan Geser/Sisi (*Friction Pile*)

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

C. Tiang pancang dengan tahanan lekatan (*Adhesive Pile*)

Bila tiang dipancangkan di dasar tanah fondasi yang memiliki nilai kohesi yang tinggi, maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan oleh lekatan antara tanah di sekitar dan permukaan tiang.



Gambar 2.20 Fondasi Tiang dengan Tahanan Lekatan

(Sumber : Sardjono, 1988)

c. Fondasi Tiang Pancang menurut Pemasangannya

Fondasi tiang pancang menurut pemasangannya dibagi menjadi dua yaitu :

A. Tiang pancang pracetak

Tiang pancang pracetak yaitu tiang pancang yang dicetak dan dicor di dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan.

Tiang pancang pracetak ini menurut cara pemasangannya terdiri dari :

1. Cara penumbukan

Tiang pancang pracetak ini di pancang kedalam tanah dengan cara penumbukan menggunakan alat penumbuk hammer.

2. Cara penggetaran

Tiang pancang dipancangkan ke dalam tanah dengan cara penggetaran menggunakan alat penggetar (*vibrator*).

3. Cara penanaman

Dimana permukaan tanah dilubangi terlebih dahulu sampai kedalaman tertentu, lalu tiang pancang dimasukkan, kemudian lubang tadi ditimbun lagi dengan tanah.

Cara penanaman ini ada beberapa metode yang digunakan, yaitu :

a. Cara pengeboran sebelumnya, yaitu dengan cara mengebor tanah sebelumnya lalu tiang dimasukkan kedalamnya dan ditimbun kembali.

b. Cara pengeboran inti, yaitu tiang ditanamkan dengan mengeluarkan tanah dari bagian dalam tiang.

- c. Cara pemasangan dengan tekanan, yaitu tiang dipancangkan ke dalam tanah dengan memberikan tekanan pada tiang.
- d. Cara pemancaran, yaitu tanah fondasi diganggu dengan semburan air yang ke luar dari ujung serta keliling tiang, sehingga tidak dapat dipancangkan ke dalam tanah.

Keuntungan dari pemakaian jenis tiang pancang ini adalah :

- a. Bahan tiang dapat diperiksa sebelum pemancangan.
- b. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
- c. Tiang dapat dipancang sampai kedalaman yang dalam.
- d. Pemancangan tiang dapat menambah kepadatan tanah.

Kerugian dari pemakaian jenis tiang pancang ini adalah :

- a. Peggembungan permukaan tanah dan gangguan tanah akibat pemancangan dapat menimbulkan masalah.
- b. Tiang kadang – kadang rusak akibat pemancangan.
- c. Pemancangan sulit bila diameter terlalu besar.
- d. Pemancangan menimbulkan gangguan suara, getaran dan deformasi tanah yang dapat menimbulkan kerusakan bangunan di sekitarnya.
- e. Penulangan dipengaruhi oleh tegangan yang terjadi pada waktu pengangkutan dan pemancangan tiang.

B. Tiang yang dicor di tempat (*Cast in Place Pile*)

Tiang pancang yang dicor langsung di tempat, dibentuk dengan membuat sebuah lobang dalam tanah dan mengisinya dengan beton. Lobang tersebut dapat dicor, tetapi sering dibentuk dengan memancangkan sebuah sel atau corong kedalam tanah. Tiang yang dicor di tempat (*Cast in Place Pile*) ini menurut teknik penggaliannya terdiri dari beberapa macam cara yaitu :

1. Cara penetrasi alas

Cara penetrasi alas yaitu pipa baja yang dipancangkan ke dalam tanah kemudian pipa baja tersebut dicor dengan beton.

2. Cara penggalian

Cara ini dapat dibagi lagi dari peralatan pendukung yang digunakan, antara lain :

- a. Penggalian dengan tenaga manusia, yaitu penggalian lubang fondasi yang masih sangat sederhana dan merupakan cara konvensional.
- b. Penggalian dengan tenaga mesin, yaitu penggalian lubang fondasi dengan bantuan tenaga mesin, yang memiliki kemampuan lebih baik dan lebih canggih.

Keuntungan dari pemakaian jenis tiang pancang ini adalah :

- a. Getaran pada saat melaksanakan pekerjaan sangat kecil, sehingga cocok untuk pekerjaan pada daerah yang padat penduduk.
- b. Tanpa sambungan, dapat dibuat tiang yang lurus dengan diameter besar, serta panjang tiang dapat ditetapkan dengan mudah.
- c. Diameter biasanya lebih besar dari pada tiang pracetak, dan daya dukung setiap tiang jauh lebih besar, sehingga tumpuan dapat dibuat lebih kecil.

Kerugian dari pemakaian jenis tiang pancang ini adalah :

- a. Ketika beton dituang, dikuatkan adukan beton akan bercampur dengan runtuhan tanah, oleh karena itu beton harus segera dituangkan dengan seksama setelah penggalian dilakukan.
- b. Karena diameter tiang sangat besar dan memerlukan banyak beton, untuk pekerjaan yang kecil mengakibatkan biaya yang sangat mahal.

d. Pondasi Tiang Berdasarkan Perpindahannya

Pondasi ini dapat dibagi menjadi 3 kategori, sebagai berikut :

a. Tiang Perpindahan besar (*Large Displacement Pile*)

Yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relative besar seperti tiang kayu, tiang beton pejal, tiang beton prategang (pejal atau berlubang), tiang baja bulat (tertutup pada ujungnya).

b. Tiang perpindahan Kecil (*Small Displacement Pile*)

Yaitu sama seperti tiang kategori pertama hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relative kecil, contohnya tiang beton berlubang dengan ujung terbuka, tiang beton prategang berlubang dengan ujung terbuka, tiang baja H, tiang baja bulat ujung terbuka, dan tiang ulir.

c. Tiang Tanpa Perpindahan (*Non Displacement Pile*)

Terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah seperti bored pile, yaitu tiang beton yang pengecorannya langsung di dalam lubang hasil pengeboran tanah (pipa baja diletakkan di dalam lubang dan dicor beton) (Hardiyatmo, 2002).

e. Berdasarkan ukurannya

Fondasi ini dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

A. *Minipile* (Ukuran Kecil)

Tiang pancang berukuran kecil ini digunakan untuk bangunan- bangunan bertingkat rendah dan tanah relatif baik.

B. *Maxipile* (Ukuran Besar)

Tiang pancang ini berbentuk bulat (*spun pile*) atau kotak (*square pile*). Tiang pancang ini digunakan untuk menopang beban yang besar pada bangunan bertingkat tinggi. Bahkan untuk ukuran 50 x 50 dapat menopang beban sampai 500 ton.

Kelebihan dari fondasi ini adalah :

- Karena dibuat dengan system pabrikasi, maka mutu beton terjamin.
- Bisa mencapai daya dukung tanah yang paling keras.
- Daya dukung tidak hanya dari ujung tiang, tetapi juga lekatan pada sekeliling tiang.
- Pada penggunaan tiang kelompok atau grup (satu beban tiang ditahan oleh dua atau lebih tiang), daya dukungnya sangat kuat.
- Harga relative murah bila dibanding fondasi sumuran.

Kekurangan dari fondasi ini :

- Untuk daerah proyek yang masuk gang kecil, sulit dikerjakan karena faktor angkutan.
- Sistem ini baru ada di daerah kota dan sekitarnya.
- Untuk daerah dan penggunaan volumenya sedikit, harganya jauh lebih mahal.
- Proses pemancangan menimbulkan getaran dan kebisingan.

2.6 Perencanaan Fondasi Tiang

Perencanaan suatu fondasi tiang biasanya dilaksanakan sesuai dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Melakukan penyelidikan dan pemeriksaan tanah di bawah permukaan dan sekelilingnya, dan penyelidikan terhadap bangunan disekitar letak fondasi tiang.
- b. Menentukan kriteria perencanaan, seperti beban – beban yang bekerja pada dasar tumpuan, parameter tanah, besar gesekan yang diijinkan dan tegangan ijin dari bahan – bahan fondasi.
- c. Memperkirakan diameter, jenis, panjang, jumlah, dan susunan tiang.
- d. Menghitung daya dukung vertikal tiang tunggal (*single pile*).
- e. Menghitung faktor efisiensi dalam kelompok tiang dan daya dukung vertikal yang diijinkan sebuah tiang dalam satu kelompok tiang.
- f. Menghitung beban vertikal yang bekerja pada setiap tiang dalam kelompok tiang.
- g. Memeriksa beban yang bekerja pada setiap tiang apakah masih dalam batasan daya dukung yang diijinkan. Apakah tidak sesuai, maka perkiraan diameter, jumlah atau susunan tiang pada prosedur yang kedua harus dihitung kembali kemudian dilanjutkan dengan prosedur berikutnya.
- h. Menghitung daya dukung mendatar setiap tiang dalam kelompok.
- i. Menghitung beban horizontal yang bekerja pada setiap tiang dalam kelompok.
- j. Menghitung penurunan bila diperlukan.
- k. Merencanakan struktur tiang.

2.6.1 Jenis-Jenis Alat Pancang

Dalam pemasangan tiang ke dalam tanah, tiang dipancang dengan alat pemukul berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang hanya dijatuhkan. Penutup (*pile cap*) biasanya diletakkan menutup kepala tiang yang kadang-kadang dibentuk dalam geometri tertutup.

Jenis-jenis alat pancang yaitu :

1. Pemukul Jatuh (*Drop hammer*)

Pemukul jatuh terdiri dari blok pemberat yang dijatuhkan dari atas. Pemberat ditarik dengan tinggi jatuh tertentu kemudian dilepas dan menumbuk tiang. Pemancangan tiang biasanya dilakukan secara perlahan, jumlah jatuhnya palu per menit dibatasi pada empat sampai delapan kali. Pelaksanaan pemancangan berjalan lambat, sehingga alat ini hanya dipakai pada volume pekerjaan pemancangan yang kecil.

Keuntungan menggunakan pemukul jatuh (*drop hammer*) :

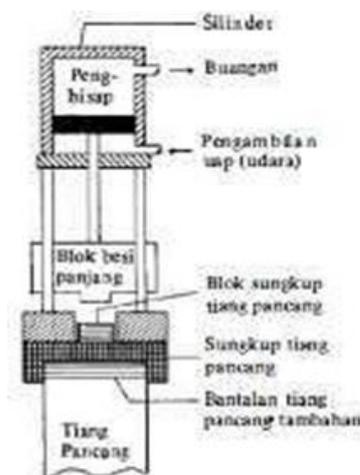
- a. Peralatannya sederhana.
- b. Tinggi jatuh dapat diperiksa dengan mudah.
- c. Kesulitan kecil dan biaya operasi murah.

Kelemahan menggunakan *drop hammer* :

- a. Kepala tiang mudah rusak.
- b. Pancang pemancangan terbatas.
- c. Kecepatan pemancangan lambat

2. Pemukul Aksi Tunggal (*Single-acting Hammer*)

Pemukul aksial tunggal berbentuk memanjang dengan ram yang bergerak naik oleh udara atau uap yang terkompresi, sedangkan Gerakan turun ram disebabkan oleh beratnya sendiri. Energi pemukul aksi tunggal adalah sama dengan berat ram dikalikan tinggi jatuh.

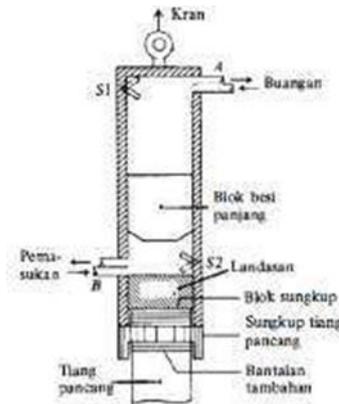


Gambar 2.21 Pemukul aksi tunggal (*Single-acting Hammer*)

(Sumber : Joseph E. Bowles)

3. Pemukul Aksi Double (*Double-acting Hammer*)

Menggunakan uap atau udara untuk mengangkat ram dan untuk mempercepat gerakan ke bawahnya. Kecepatan pukulan dan energi output biasanya lebih tinggi daripada pemukul aksi tunggal.



Gambar 2.22 Pemukul Aksi Double (*Double-acting Hammer*)

(Sumber : Joseph E. Bowles)

4. Pemukul Diesel (*Diesel Hammer*)

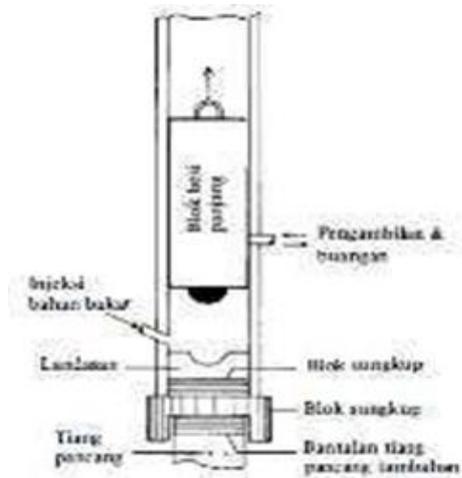
Alat pemancang tiang tipe ini berbentuk lebih sederhana dibandingkan dengan pemukul lainnya. Terdiri dari silinder, ram, balok anvil dan sistem injeksi bahan bakar. Pemukul tipe ini umumnya kecil, ringan dan digerakkan dengan menggunakan bahan bakar minyak. Energi pemancangan total yang dihasilkan adalah jumlah benturan dari ram ditambah energi hasil dari ledakan. Pemukul bertenaga diesel ini cocok digunakan untuk tanah pondasi yang keras.

Keuntungan menggunakan pemukul tenaga diesel :

- Menghasilkan daya tumbuk yang lebih besar.
- Mudah dipindahkan.
- Biaya bahan bakar rendah.

Kelemahan menggunakan pemukul tenaga diesel:

- Pada lapisan tanah lunak, pengerjaan menjadi lambat.
- Penumbukan menimbulkan kebisingan dan terjadi percikan minyak pelumas.



Gambar 2.23 Pemukul Diesel (*Diesel Hammer*)

(Sumber : Joseph E. Bowles)

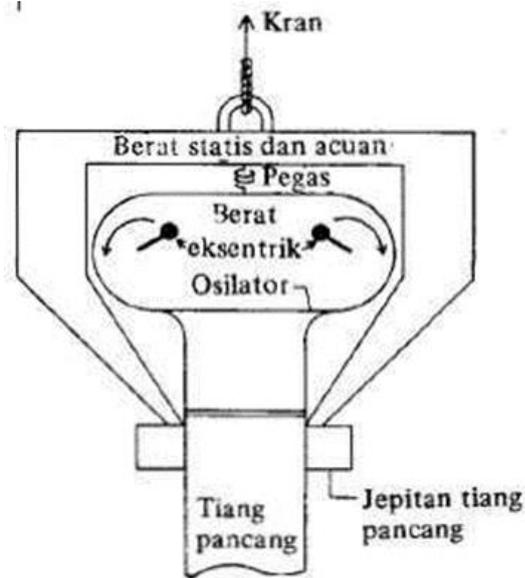
5. Pemukul Getar (*Vibratory Hammer*)

Pemukul getar merupakan unit alat pancang yang bergetar pada frekuensi tinggi. Pemukul dengan vibrator ini menggunakan pembangkit tenaga berupa beban statis dan sepasang beban yang berputar eksentrik. Gaya getaran kuat yang dihasilkan mesin pemukul ini akan menembus tanah karena pengaruh beban.

Keuntungan menggunakan pemukul dengan vibrator :

- a. Mampu memancang dalam arah dan kedudukan yang tepat
- b. Suara penumbukan hampir tidak terdengar
- c. Kepala tiang tidak cepat rusak

Kelemahan menggunakan pemukul dengan vibrator yaitu memerlukan tenaga listrik yang besar.

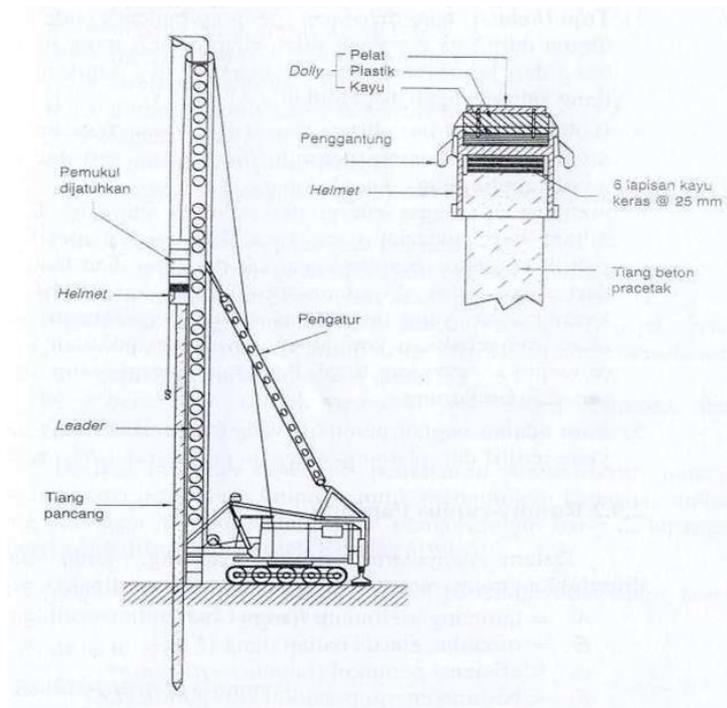


Gambar 2.24 Pemukul Getar (*Vibratory Hammer*)

(Sumber : Joseph E. Bowles)

Dalam pekerjaan pemancangan tiang terdapat nama alat-alat berikut ini :

- a. *Anvil* adalah bagian yang terletak pada dasar pemukul yang menerima beban benturan dari ram dan mentransfernya ke kepala tiang.
- b. *Helmet atau drive cap* (penutup pancang) adalah bahan yang dibuat dari baja cor yang diletakkan di atas tiang untuk mencegah tiang dari kerusakan saat pemancangan dan untuk menjaga agar as tiang sama dengan as pemukul.
- c. *Cushion* (bantalan) dibuat dari kayu keras atau bahan lain yang ditempatkan diantara penutup tiang (*pile cap*) dan puncak tiang untuk melindungi kepala tiang dari kerusakan.
- d. *Ram* adalah bagian pemukul yang bergerak ke atas dan ke bawah yang terdiri dari piston dan kepala penggerak (*driving head*).
- e. *Leader* adalah rangka baja dengan dua bagian paralel sebagai pengatur tiang agar pada saat tiang dipancang arahnya benar.



Gambar 2.25 Alat pancang tiang

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

2.7 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil Sondir

Diantara perbedaan tes dilapangan, sondir atau *cone penetration test* (CPT) seringkali sangat dipertimbangkan berperanan dari geoteknik. CPT atau sondir ini tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis dan tes tersebut dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah-tanah dasar. CPT atau sondir ini dapat juga mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Didalam perencanaan pondasi tiang pancang (*pile*), data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang pancang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari tiang pancang.

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode Aoki dan De Alencar dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s$$

dimana :

Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang.

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang.

Q_s = Kapasitas tahanan kulit.

q_b = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas.

A_b = Luas di ujung tiang.

f = Satuan tahanan kulit persatuan luas.

A_s = Luas kulit tiang pancang.

Dalam menentukan kapasitas daya dukung aksial ultimit (Q_u) dipakai Metode Aoki dan De Alencar.

Aoki dan Alencar mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data Sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) diperoleh sebagai berikut :

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b}$$

dimana :

$q_{ca}(base)$ = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang dan F_b adalah faktor empirik tergantung pada tipe tanah.

Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi sebagai berikut :

$$F = q_c (side) \frac{\alpha_s}{F_s}$$

dimana :

$q_c (side)$ = Perlawanan konus rata-rata pada lapisan sepanjang tiang.

F_s = Faktor empirik yang tergantung pada tipe tanah.

F_b = Faktor empirik yang tergantung pada tipe tanah.

Faktor F_b dan F_s diberikan pada Tabel 2.4 dan nilai-nilai faktor empirik α_s diberikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.II.4 Faktor empirik F_b dan F_s (*Titi & Farsakh, 1999*)

Tipe Tiang Pancang	F_b	F_s
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Tabel 2.II.5 Nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda (Titi & Farsak1999)

Tipe Tanah	α_s (%)	Tipe Tanah	α_s (%)	Tipe Tanah	α_s (%)
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan dengan lempung	2,4	Lanau	3,0	Lempung berlanau dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

Pada umumnya nilai α_s untuk pasir = 1,4 persen, nilai α_s untuk lanau = 3,0 persen dan nilai α_s untuk lempung = 1,4 persen

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan *metode Mayerhof*.

Daya dukung ultimate pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K_{11})$$

dimana :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal.

q_c = Tahanan ujung sondir.

A_p = Luas penampang tiang.

JHL = Jumlah hambatan lekat.

K_{11} = Keliling tiang.

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_c}{3} + \frac{JHL \times K_{11}}{5}$$

dimana :

Q_{ijin} = Kapasitas daya dukung ijin pondasi.

q_c = Tahanan ujung sondir.

A_p = Luas penampang tiang.

JHL = Jumlah hambatan lekat.

K_{11} = Keliling tiang.

2.8 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil SPT

Harga Nyang diperoleh dari SPT tersebut diperlukan untuk memperhitungkan daya dukung tanah. Daya dukung tanah tergantung pada kuat geser tanah. Hipotesis pertama mengenai kuat geser tanah diuraikan oleh Coulomb yang dinyatakan dengan:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

dimana :

τ = Kekuatah geset tanah (kg/cm²)

c = Kohesi tanah (kg/cm²)

σ = Tegangan normal yang terjadi pada tanah (kg/cm²)

ϕ = Sudut geser tanah (°)

Untuk mendapatkan sudut geser tanah dari tanah tidak kohesif (pasiran) biasanya dapat dipergunakan rumus Dunham (1962) sebagai berikut :

1. Tanah berpasir berbentuk bulat dengan gradasi seragam, atau butiran pasir bersegi segi dengan gradasi tidak seragam, mempunyai sudut geser sebesar :

$$\phi = \sqrt{12N + 15}$$

2. Butiran pasir bersegi dengan gradasi seragam, maka sudut gesernya adalah :

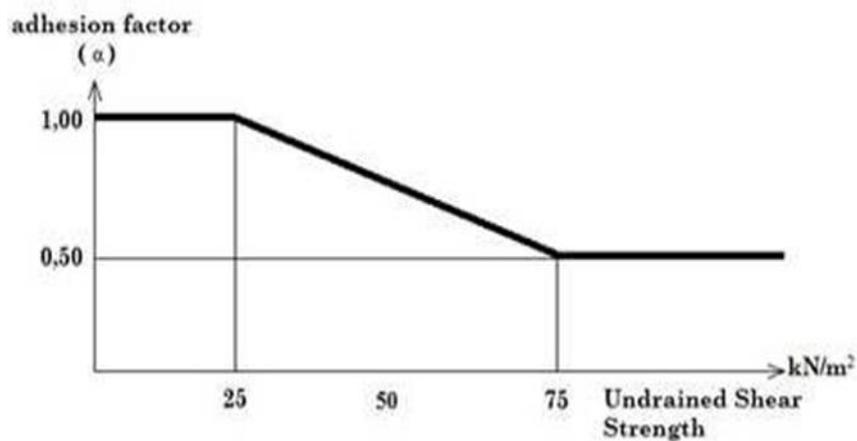
$$\phi = 0,3N + 27$$

Hubungan antara harga N dengan berat isi yang sebenarnya hampir tidak mempunyai arti karena hanya mempunyai partikel kasar (tabel II.5). Harga berat isi yang dimaksud sangat tergantung pada kadar air.

Tabel 2.II.6 Hubungan antara N dengan Berat Isi Tanah (Sosrodarsono, 1983)

Tanah tidak kohesif	Harga N	<10	10 – 30	30 - 50	>50
	Berat isi γ kN/m ³	12 – 16	14 – 18	16 - 20	18 – 23
Tanah kohesif	Harga N	<4	4 – 15	16 - 25	>25
	Berat isi γ kN/m ³	14 – 18	16 – 18	16 - 18	>20

Pada tanah tidak kohesif daya dukung sebanding dengan berat isi tanah, hal ini berarti bahwa tinggi muka air tanah banyak mempengaruhi daya dukung pasir.



α menurut API Method, 1986

Gambar 2.26 Variasi harga α berdasarkan kohesi tanah

Variasi harga α berdasarkan kohesi tanah

Hasil uji SPT yang diperoleh dari lapangan perlu dilakukan koreksi. Pada data uji SPT terdapat dua jenis koreksi, yaitu *koreksi efisiensi alat* (cara pengujian) dan koreksi tegangan *overburden efektif* (kedalaman).

1. Skempton, 1986, mengembangkan koreksi nilai SPT sebagai berikut :

$$N_{60} = \frac{Em \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r}{0,60}$$

dimana :

N_{60} = Nilai koreksi SPT terhadap cara pengujian.

Em = *Hammer efficiency* (Tabel 2.7).

C_B = Koreksi diameter bor (Tabel 2.8).

C_S = Koreksi sampler (Tabel 2.8).

C_R = Koreksi panjang tali (Tabel 2.8).

N = Harga SPT lapangan

2. Koreksi tegangan *overburden efektif* (kedalaman) sebagai berikut :

$$N'_{60} = C_N \cdot N_{60}$$

$$\text{Pasir halus normal konsolidasi : } C_N = \frac{2}{1 + \sigma'_v / \sigma_r}$$

$$\text{Pasir kasar normal konsolidasi : } C_N = \frac{3}{2 + \sigma'_v / \sigma_r}$$

$$\text{Pasir over konsolidasi : } C_N = \frac{1,7}{0,7 + \sigma'_v / \sigma_r}$$

dimana :

N'_{60} = Nilai SPT terkoreksi cara pengujian dan regangan *overburden*.

σ'_v = Tegangan *overburden efektif*.

σ_r = *Reference stress* = 100 kPa.

N_{60} = Nilai koreksi SPT terhadap cara pengujian.

Tabel 2.II.7 SPT hammer efficiencies (Clayton, 1990)

Country	Hammer Type	Hammer Release Mechanism	Hammer Efficiency, Em
Argentina	Donut	Cathead	0.45
Brazil	Pin weight	Hand dropped	0.72
	Automatic	Trip	0.60
China	Donut	Hand dropped	0.55
	Donut	Cathead	0.50
Colombia	Donut	Cathead	0.50
Japan	Donut	Tombi trigger	0.78-0.85
	Donut	Cathead 2 turns + Special release	0.65-0.67
UK	Automatic	Trip	0.73
USA	Safety	2 turns on cathead	0.55-0.60
	Donut	2 turns on cathead	0.45
Venezuela	Donut	Cathead	0.43

Tabel 2.8 Borehole, Sampler and Rod correction factors (Skempton, 1986)

Factor	Equipment Variables	Value
Borehole diameter factor,	2.5-4.5 in (65-115 mm)	1.00
C_B	6 in (150 mm)	1.05
	8 in (200 mm)	1.15
Sampling method factor,	Standard sampler	1.00
C_S	Sampler without liner (not recommended)	1.20
Rod length factor,	10-13 ft (3-4 m)	0.75
C_R	13-20 ft (4-6 m)	0.85
	20-30 ft (6-10 m)	0.95
	> 30 ft (> 10 m)	1.00

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

1. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*), (Meyerhof, 1976).

Untuk tanah pasir dan kerikil :

$$Q_p = 40 \cdot N\text{-SPT} \cdot L/D \cdot A_p < 400 \cdot N\text{-SPT} \cdot A_p$$

Untuk tahanan geser selimut tiang adalah:

$$Q_s = 2 \text{ N-SPT} \cdot p \cdot L$$

Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) untuk tanah kohesif plastis :

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p$$

Untuk tahanan geser selimut tiang adalah:

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot p \cdot L_i$$

$$C_u = \text{N-SPT} \cdot 2/3 \cdot 10$$

Dimana :

α = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

C_u = Kohesi Undrained

P = keliling tiang

L_i = panjang lapisan tanah

2. Kekuatan Lekatan (*skin friction*), (*Meyerhof, 1976*).

Untuk pondasi tiang tipe *large displacement (driven pile)* :

$$f_s = \frac{\sigma_r}{50} N_{60}$$

Untuk pondasi tiang tipe *small displacement (bored pile)* :

$$f_s = \frac{\sigma_r}{100} N_{60}$$

$$P_{su} = A_s \cdot f_s$$

dimana :

f_s = Tahanan satuan *skin friction*, kN/m².

N_{60} = Nilai SPT N_{60} .

A_s = Luas selimut tiang.

P_{us} = Kapasitas daya dukung gesekan (*skin friction*), kN.

Untuk tahanan geser selimut tiang pancang pada tanah non-kohesif:

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

dimana :

L_i = Panjang lapisan tanah, m.

p = Keliling tiang, m

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

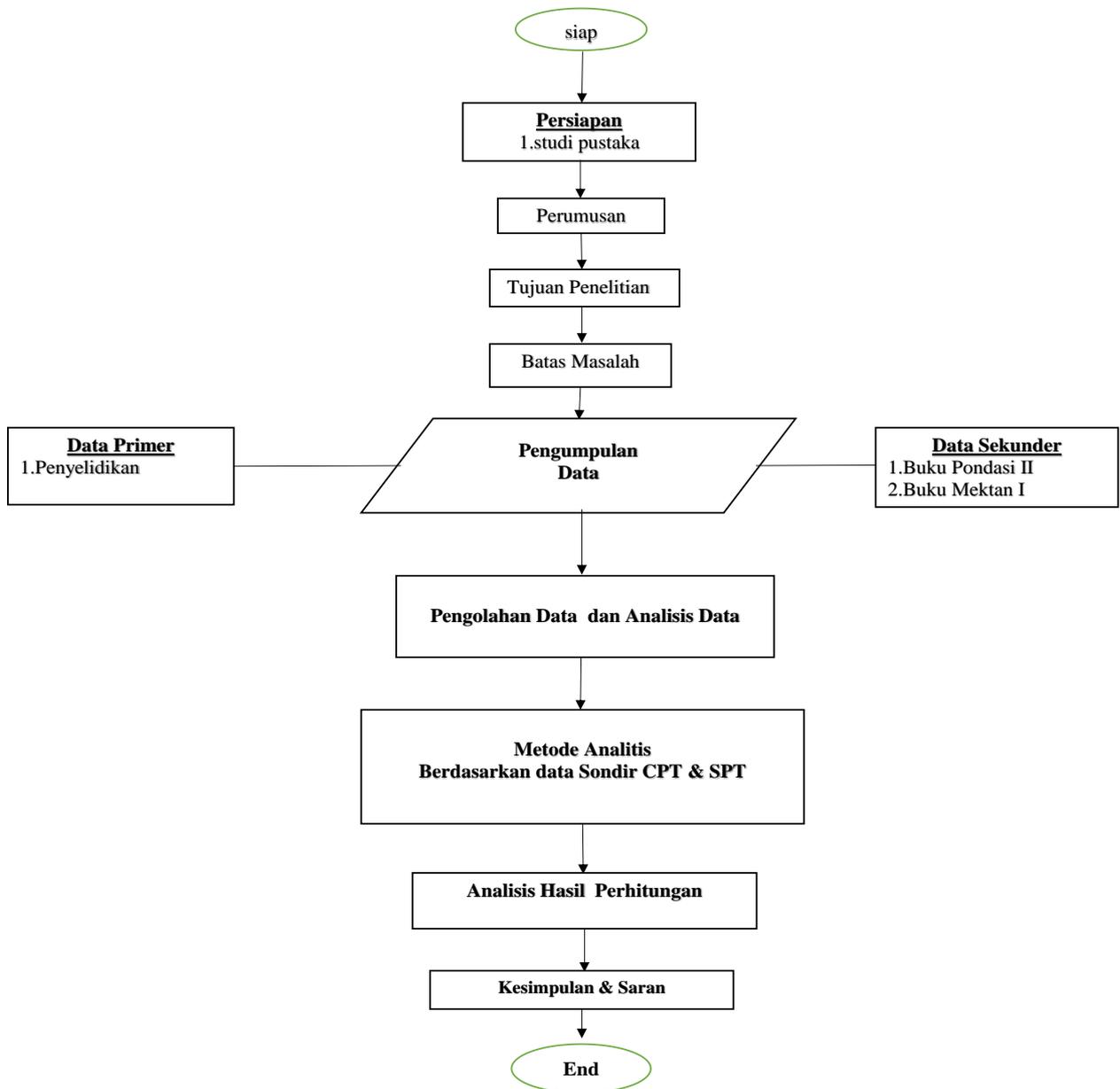
3.1 Metode Pengolahan Data

Untuk mendukung penulisan Tugas Akhir ,penulisa mengambil data langsung dari lokasi penelitian yang bertempat di daerah Sumedang bukit Panenjoan Jatigede



Gambar 3.1 lokasi penelitian

3.2 Flowchart Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

3.3 Uraian *Flowchart* Penelitian

1. Studi Pustaka

Pada tahap studi Pustaka ini dilakukan untuk memperoleh informasi tentang teori – teori yang mendasari penelitian dan menggunakannya untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Informasi yang dikumpulkan dapat berasal dari berbagai buku, Referensi jurnal ilmiah dan penelitian yang berkaitan dengan teori fondasi tiang pancang

2. Perumusan Masalah

Bedasarkan uraian latar belakang maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses Langkah – langkah menghitung kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan data sondir (*Cone Penetration Test*) ?
2. Bagaimana proses Langkah – langkah menghitung kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang berdasar data SPT (*Standard Penetration Test*) ?

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui proses Langkah – Langkah Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang secara analitis berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan Sondir (*Dutch Cone Penetrometer*)
2. Mengetahui proses Langkah – Langkah Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang secara analitis berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan SPT (*Standard Penetration Test*)

4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui proses Langkah – Langkah Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang secara analitis berdasarkan data yang diperoleh

dari percobaan Sondir (*Dutch Cone Penetrometer*)

2. Mengetahui proses Langkah – Langkah Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang secara analitis berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan SPT (*Standard Penetration Test*)

5. Batas Masalah

Untuk mencegah meluasnya permasalahan yang ada, maka ruang lingkup dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Tidak membahas penurunan konsolidasi tiang pancang
2. Tidak membahas kapasitas daya dukung dengan metode lain dan hanya menggunakan data dari sondir (*Cone Penetration Test*) dan SPT (*Standard Penetration Test*)

6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang didapat adalah hasil pencarian informasi terkait penyelidikan tanah sondir dan SPT pada pembangunan masjid al kamil yang berada di wilayah jatigee sumedang yang berupa pekerjaan Fondasi tiang pancang beserta jenis tiang pancang di pakai tiang pancang beton.

7. Pengolahan data

Jenis tiang pancang yang dipakai di lokasi pembangunan beserta data yang di olah dari hasil penyelidikan tanah yaitu sondir dan spt ,setelah itu data sudah memenuhi syarat peneliti menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang sesuai jenis tiang panjang dengan menggunakan beberapa Metode - Metode Meyerhof , Metode Aoki dan De Alencar.

8. Analisis Data

Setelah pengolahan data maka selanjutnya mengecek data analisis apakah isi dari perhitungan sudah tidak ada kendala atau kesalahan dalam perhitungan analisis .

9. Kesimpulan Dan saran

Tahap terakhir yaitu berisi kesimpulan yang diperoleh oleh hasil analisis dan saran yang dapat memberikan masukan untuk evaluasi pada sistem yang sudah ada dan sedang berjalan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang secara analitis dilakukan berdasarkan data hasil Sondir (*Cone Penetration Test*) dan SPT (*Standard Penetration Test*).

4.1.1 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir dengan Metode Meyerhoff

1. Titik S-1

Contoh perhitungan daya dukung pada kedalaman 20 m

Perlawanan penetrasi konus (PPK) $q_c = 4 \text{ kg/cm}^2$

Jumlah hambatan lekat (JHL) $= 570 \text{ kg/cm}$

Luas penampang tiang (A_p) $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (40)^2$
 $= 1256 \text{ cm}^2$

Keliling tiang (K_{11}) $= \pi \cdot d$
 $= \pi \cdot 40$
 $= 125,6 \text{ cm}$.

Maka untuk kapasitas daya dukung tiang adalah :

$$Q_u = q_c \times A_p + \text{JHL} \times K_{11}$$

$$Q_u = (4 \times 1256) + (570 \times 125,6)$$

$$= 766160 \text{ kg}$$

$$= 76,6160 \text{ ton}$$

Untuk kapasitas daya dukung ijin (Q_{ijin}) adalah :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$= \frac{76,6160}{2,5} = 30,646 \text{ ton}$$

Daya dukung terhadap kekuatan tanah untuk tiang tarik Q_{ult} :

$$\begin{aligned} T_{ult} &= JHL \times K_{11} \\ &= 570 \times 125,6 \\ &= 71,592 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tarik Q_{all} :

$$\begin{aligned} T_{all} &= \frac{T_{ult}}{3} \\ &= \frac{71,592}{3} \\ &= 23,864 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung terhadap kekuatan bahan :

$$\text{Mutu Beton} = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

Luas penampang tiang A_p/A_{tiang}

$$\begin{aligned} P_{tiang} &= \sigma_{beton} \cdot A_{tiang} \\ &= 300 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1256 \text{ cm}^2 \\ &= 376836 \text{ kg} \\ &= 37,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

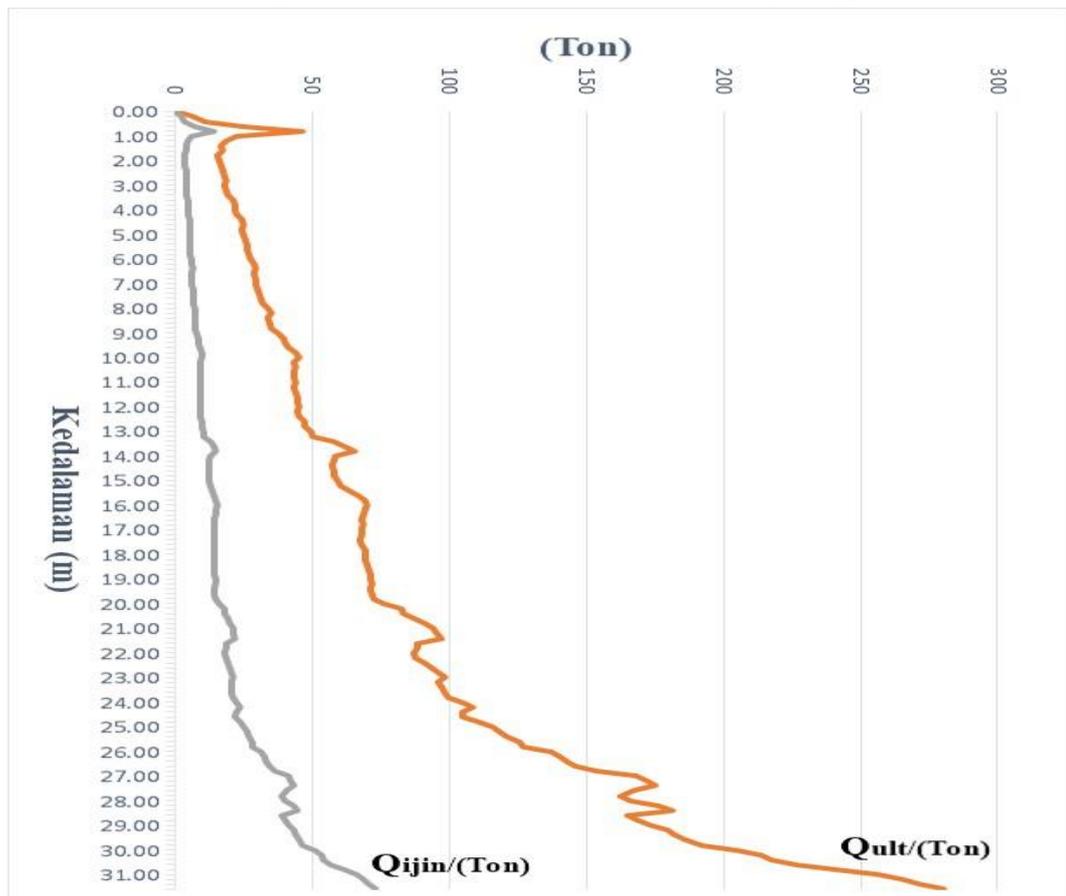
Tabel 4.1 Kapasitas daya dukung Tiang pancang berdasarkan *Metode Meyerhoff* Q_{ult} , Q_{ijin} , Q_{all} dan T_{ult} tiang pancang di titik S-1

Kedalaman (m)	PPK (QC) Kg/cm ²	A _p (cm ²)	JHL (kg/cm)	K ₁₁ (cm)	T _{ult} (ton)	T _{all} (ton)	Q _{ult} (ton)	Q _{ijin} (ton)
0.00	0	1256	0	125,6	0	0	0	0
0.20	4	1256	10	125,6	1.256	0,419	6,28	2,512
0.40	6	1256	30	125,6	3.768	1.256	11,304	4,522
0.60	15	1256	50	125,6	6.280	2.093	25,12	10,048
0.80	30	1256	70	125,6	8.792	2.931	46,472	18,589
1.00	10	1256	80	125,6	10.048	3.349	22,608	9,043
1.20	6	1256	90	125,6	11.304	3.768	18,84	7,536
1.40	4	1256	96	125,6	12.058	4.019	17,082	6,833
1.60	4	1256	100	125,6	12.560	4.187	17,584	7,034
1.80	2	1256	104	125,6	13.062	4.354	15,574	6,230
2.00	2	1256	110	125,6	13.816	4.605	16,328	6,531
2.20	2	1256	116	125,6	14.570	4.857	17,082	6,833
2.40	2	1256	120	125,6	15.072	5.024	17,584	7,034
2.60	2	1256	124	125,6	15.574	5.191	18,086	7,234
2.80	2	1256	130	125,6	16.328	5.443	18,84	7,536
3.00	1	1256	136	125,6	17.082	5.694	18,338	7,335
3.20	1	1256	140	125,6	17.584	5.861	18,84	7,536
3.40	1	1256	144	125,6	18.086	6.029	19,342	7,737
3.60	2	1256	150	125,6	18.840	6.280	21,352	8,541
3.80	2	1256	152	125,6	19.091	6.364	21,603	8,641
4.00	2	1256	156	125,6	19.594	6.531	22,106	8,842
4.20	2	1256	160	125,6	20.096	6.699	22,608	9,043
4.40	3	1256	164	125,6	20.598	6.866	24,366	9,746
4.60	3	1256	168	125,6	21.101	7.034	24,869	9,948
4.80	2	1256	172	125,6	21.603	7.201	24,115	9,646
5.00	2	1256	180	125,6	22.608	7.536	25,12	10,048
5.20	2	1256	184	125,6	23.110	7.703	25,622	10,249
5.40	2	1256	188	125,6	23.613	7.871	26,125	10,450
5.60	2	1256	190	125,6	23.864	7.955	26,376	10,550
5.80	2	1256	194	125,6	24.366	8.122	26,878	10,751
6.00	2	1256	198	125,6	24.869	8.290	27,381	10,952
6.20	3	1256	202	125,6	25.371	8.457	29,139	11,656
6.40	3	1256	206	125,6	25.874	8.625	29,642	11,857
6.60	2	1256	210	125,6	26.376	8.792	28,888	11,555
6.80	2	1256	214	125,6	26.878	8.959	29,39	11,756
7.00	2	1256	216	125,6	27.130	9.043	29,642	11,857
7.20	2	1256	220	125,6	27.632	9.211	30,144	12,058
7.40	2	1256	224	125,6	28.134	9.378	30,646	12,258
7.60	2	1256	230	125,6	28.888	9.629	31,4	12,560
7.80	2	1256	236	125,6	29.642	9.881	32,154	12,862
8.00	3	1256	242	125,6	30.395	10.132	34,163	13,665
8.20	3	1256	248	125,6	31.149	10.383	34,917	13,967
8.40	2	1256	252	125,6	31.651	10.550	34,163	13,665

8.60	2	1256	256	125,6	32.154	10.718	34,666	13,866
8.80	2	1256	260	125,6	32.656	10.885	35,168	14,067
9.00	3	1256	270	125,6	33.912	11.304	37,68	15,072
9.20	4	1256	274	125,6	34.414	11.471	39,438	15,775
9.40	4	1256	282	125,6	35.419	11.806	40,443	16,177
9.60	4	1256	290	125,6	36.424	12.141	41,448	16,579
9.80	5	1256	300	125,6	37.680	12.560	43,96	17,584
10.00	6	1256	302	125,6	37.931	12.644	45,467	18,187
10.20	4	1256	306	125,6	38.434	12.811	43,458	17,383
10.40	4	1256	310	125,6	38.936	12.979	43,96	17,584
10.60	3	1256	314	125,6	39.438	13.146	43,206	17,282
10.80	3	1256	318	125,6	39.941	13.314	43,709	17,484
11.00	3	1256	322	125,6	40.443	13.481	44,211	17,684
11.20	2	1256	326	125,6	40.946	13.649	43,458	17,383
11.40	2	1256	330	125,6	41.448	13.816	43,96	17,584
11.60	2	1256	334	125,6	41.950	13.983	44,462	17,785
11.80	2	1256	338	125,6	42.453	14.151	44,965	17,986
12.00	2	1256	342	125,6	42.955	14.318	45,467	18,187
12.20	1	1256	346	125,6	43.458	14.486	44,714	17,886
12.40	1	1256	350	125,6	43.960	14.653	45,216	18,086
12.60	2	1256	354	125,6	44.462	14.821	46,974	18,790
12.80	2	1256	358	125,6	44.965	14.988	47,477	18,991
13.00	3	1256	364	125,6	45.718	15.239	49,486	19,794
13.20	3	1256	370	125,6	46.472	15.491	50,24	20,096
13.40	8	1256	380	125,6	47.728	15.909	57,776	23,110
13.60	10	1256	390	125,6	48.984	16.328	61,544	24,618
13.80	12	1256	400	125,6	50.240	16.747	65,312	26,125
14.00	6	1256	406	125,6	50.994	16.998	58,53	23,412
14.20	5	1256	412	125,6	51.747	17.249	58,027	23,211
14.40	4	1256	418	125,6	52.501	17.500	57,525	23,010
14.60	4	1256	424	125,6	53.254	17.751	58,278	23,311
14.80	3	1256	430	125,6	54.008	18.003	57,776	23,110
15.00	3	1256	440	125,6	55.264	18.421	59,032	23,613
15.20	4	1256	444	125,6	55.766	18.589	60,79	24,316
15.40	5	1256	458	125,6	57.525	19.175	63,805	25,522
15.60	7	1256	464	125,6	58.278	19.426	67,07	26,828
15.80	8	1256	470	125,6	59.032	19.677	69,08	27,632
16.00	8	1256	480	125,6	60.288	20.096	70,336	28,134
16.20	7	1256	484	125,6	60.790	20.263	69,582	27,833
16.40	6	1256	488	125,6	61.293	20.431	68,829	27,532
16.60	5	1256	492	125,6	61.795	20.598	68,075	27,230
16.80	5	1256	496	125,6	62.298	20.766	68,578	27,431
17.00	4	1256	500	125,6	62.800	20.933	67,824	27,130
17.20	4	1256	504	125,6	63.302	21.101	68,326	27,330
17.40	3	1256	508	125,6	63.805	21.268	67,573	27,029
17.60	3	1256	512	125,6	64.307	21.436	68,075	27,230
17.80	3	1256	520	125,6	65.312	21.771	69,08	27,632
18.00	2	1256	530	125,6	66.568	22.189	69,08	27,632
18.20	2	1256	534	125,6	67.070	22.357	69,582	27,833
18.40	2	1256	538	125,6	67.573	22.524	70,085	28,034
18.60	2	1256	542	125,6	68.075	22.692	70,587	28,235

18.80	2	1256	546	125,6	68.578	22.859	71,09	28,436
19.00	2	1256	550	125,6	69.080	23.027	71,592	28,637
19.20	2	1256	554	125,6	69.582	23.194	72,094	28,838
19.40	1	1256	558	125,6	70.085	23.362	71,341	28,536
19.60	1	1256	562	125,6	70.587	23.529	71,843	28,737
19.80	1	1256	566	125,6	71.090	23.697	72,346	28,938
20.00	4	1256	570	125,6	71.592	23.864	76,616	30,646
20.20	8	1256	578	125,6	72.597	24.199	82,645	33,058
20.40	8	1256	586	125,6	73.602	24.534	83,65	33,460
20.60	10	1256	594	125,6	74.606	24.869	87,166	34,866
20.80	12	1256	602	125,6	75.611	25.204	90,683	36,273
21.00	14	1256	610	125,6	76.616	25.539	94,2	37,680
21.20	14	1256	618	125,6	77.621	25.874	95,205	38,082
21.40	15	1256	626	125,6	78.626	26.209	97,466	38,986
21.60	7	1256	634	125,6	79.630	26.543	88,422	35,369

Grafik $Q_{ultimite}$ dan Q_{ijin} berdasarkan data sondir Metode Meyerhoff titik S-1



Gambar 4.1 Grafik $Q_{ultimite}$ dan Q_{ijin} titik S-1

4.1.2 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir dengan metode Aoki dan De Alencar

Data tiang pancang :

- Diameter tiang pancang (D) = 0,40 cm
- Keliling tiang pancang (K₁₁) = $\pi \times D$
= 3,14 x 40 = 1,256 cm
- Luas penampang tiang pancang (A_p) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 40^2 = 0,1256 \text{ m}^2$

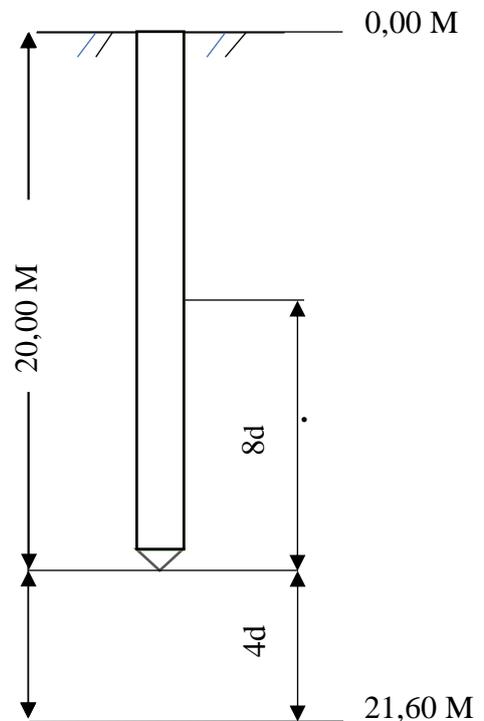
1. Titik S1

a. Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang (q_b)

Kedalaman tiang pancang = 20,00 m

Tabel 4.2 Nilai Perlawanan Penetrasi Konus (q_c) pada Titik Sondir S-1

Kedalaman (m)	Penetrasi konus (kg/cm ²)
16,80	5
17,00	4
17,20	4
17,40	3
17,60	3
17,80	3
18,00	2
18,20	2
18,40	2
18,60	2
18,80	2
19,00	2
19,20	2
19,40	1
19,60	1
19,80	1
20,00	4
20,20	8
20,40	8
20,60	10
20,80	12



21,00	14
21,20	14
21,40	15
21,60	7

Nilai q_{ca} diambil rata-ratanya yaitu sebesar :

$$q_{ca} = \frac{5+4+4+3+3+3+2+2+2+2+2+2+2+1+1+1+4+8+8+10+12+14+14+15+7}{24}$$

$$= 54,5833 \text{ kg/cm}^2$$

kapasitas daya dukung ujung Tiang (q_b) adalah

$$q_b = \frac{q_{ca}(\text{base})}{F_b} \quad (\text{nilai } F_b \text{ diambil dari tabel 2.4 ; } F_b = 1,75)$$

$$q_b = \frac{54,5833}{1,75} = 31,190 \text{ kg/cm}^2 = 311,900 \text{ ton/m}^2$$

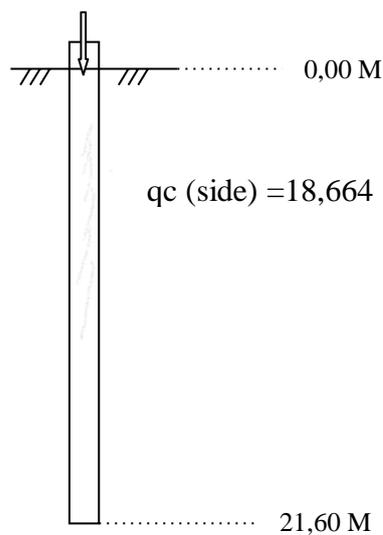
Maka, kapasitas daya dukung tahan ujung tiang adalah :

$$Q_b = q_b \times A_p$$

$$= 311,900 \times 0,1256$$

$$= 39,174 \text{ ton}$$

b. Perhitungan kapasitas daya dukung kulit (Q_s)



Gambar 4.2 Nilai q_c (side) pada titik S-1

kapasitas tahanan kulit persatuan luas (f) adalah :

$$f = qc \text{ (side)} \frac{\sigma_s}{F_s} \quad (\text{Nilai } \alpha_s \text{ dan } F_s \text{ diambil dari tabel 2.4 dan 2.5})$$

$$f = 18,6641 \frac{0,03}{3,5} = 0,1599 \text{ kg/cm}^2 = 1,599 \text{ ton}$$

Maka, kapasitas daya dukung kulit adalah :

$$\begin{aligned} Q_s &= F \times K_{11} \times p \\ &= 0,1599 \times 1,25,6 \times 20,00 \\ &= 401668 \text{ kg} \\ &= 40,1668 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kapasitas daya dukung ultimit adalah :

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s \\ &= 39,174 + 40,1668 \\ &= 79,340 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kapasitas ijin tiang (Q_{ijin}) :

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{79,4408}{2,5} = 31,730 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Kapasitas daya dukung Tiang pancang berdasarkan *Metode Aoki dan De Alencar* tiang pancang di titik S-1

Kedalaman (m)	PPK (QC) Kg/cm ²	A _p (cm ²)	JHL (kg/cm)	K ₁₁ (cm)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _{ult} (ton)	Q _{ijin} (ton)
20,00	4	1256	570	125,6	39,174	40,1668	79,340	31,730

4.1.3 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data SPT (*Standard Penetration Test*)

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang per lapisan dari data SPT memakai metode Meyerhof dan data pada titik BH 01 dan BH - 02

Ada dua rumus yang digunakan untuk melakukan perhitungan ini yaitu:

1. Jenis tanah kohesif (lempung).
2. Jenis tanah non - kohesif (pasir).

Hal ini dikarenakan jenis tanah pada setiap lapisan bisa berbeda jenisnya.

- Perhitungan titik BH -01

1. Daya fondasi tiang pancang pada tanah non-kohesif (pasir).

Contoh perhitungan diambil dari kedalaman 6 m

Jenis tanah : Pasir berlempung

N-SPT : 3

- a. Daya dukung ujung tiang pada tanah non kohesi

$$Q_p = 40 \times N\text{-SPT} \times L_b/D \times A_p < 400 \times N\text{-SPT} \times A_p$$

dimana :

Q_p = Tahanan ujung ultimate (ton)

A_p = Luas penampang tiang pancang = 0,1256 m²

L_b = Kedalaman penyelidikan tanah di lapangan = 1 m

D = Diameter tiang pancang (m) = 0,4 m

$$Q_p = 40 \times 3 \times 1/0,4 \times 0,1256 < 400 \times N\text{-SPT} \times 0,1256$$

$$= 40 \times 3 \times \frac{1}{0,4} = 0,125$$

$$= 37,500 \text{ ton}$$

- b. Daya dukung selimut geser tiang pada tanah non kohesi

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

dimana :

L_i = Panjang lapisan tanah = 1 m

p = Keliling tiang = 1,256 m

$$Q_s = 2 \times 3 \times 1,256 \times 1$$

$$= 7,500 \text{ kN}$$

2. Daya fondasi tiang pancang pada tanah kohesif (lempung)

Contoh perhitungan diambil dari kedalaman 1 m

Jenis tanah : Lempung berpasir

N-SPT : 4

Luas penampang tiang : $0,1256 \text{ m}^2$

Keliling tiang : $1,256 \text{ m}$

a. Daya dukung ujung tiang pancang

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p$$

Dimana :

$$A_p = \text{luas penampang tiang} = 0,1256 \text{ m}^2$$

$$C_u = \text{Kohesi undrained (kN/m}^2 = 6,67 \text{ (kN/m}^2)$$

$$Q_p = 9 \times 6,67 \times 0,1256$$

$$= 7,500 \text{ Kn}$$

b. Daya dukung selimut tiang pancang

$$Q_s = \alpha \times c_u \times p \times L_i$$

Dimana :

$$\alpha = \text{Faktor adhesi} = 1 \text{ (Reese \& Wright, 1977)}$$

$$p = \text{Keliling tiang} = 1,256 \text{ m}$$

$$L_i = \text{Panjang lapisan tanah} = 1 \text{ m}$$

$$Q_s = 1 \times 6,667 \times 1,256 \times 1$$

$$= 8,333 \text{ kN}$$

$$C_u = \text{N-SPT} \times 2/3 \times 10$$

$$= 1 \times 2/3 \times 10$$

$$= 6,67 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.4 Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data *Standard Penetration Test (SPT) BH-01*

Depth (m)	Soil Layer	N	C _u (kg/m)	Skin Friction		End Bearing	Qult (kN)	Qult (ton)
				local	cumm			
0,0	1	0	0	0	0	0	0	0
1,0	1	1	6,67	8,333	8,333	7,500	15,833	1,583
2,0	1	1	6,67	8,333	16,667	7,500	24,167	2,417
3,0	1	2	13,33	16,667	33,333	15,000	48,333	4,833
4,0	1	2	13,33	16,667	50,000	15,000	65,000	6,500
5,0	1	2	13,33	16,667	66,667	15,000	81,667	8,167
6,0	2	3	-	7,500	74,167	37,500	111,667	11,167
7,0	2	3	-	7,500	81,667	75,000	156,667	15,667
8,0	2	3	-	7,500	89,167	112,500	201,667	20,167
9,0	2	3	-	7,500	96,667	150,000	246,667	24,667
10,0	2	3	-	7,500	104,167	150,000	254,167	25,417
11,0	2	4	-	10,000	114,167	200,000	314,167	31,417
12,0	2	3	-	7,500	121,667	150,000	271,667	27,167
13,0	2	7	-	17,500	139,167	350,000	489,167	48,917
14,0	3	9	-	22,500	161,667	450,000	611,667	61,167
15,0	3	10	-	25,000	186,667	500,000	686,667	68,667
16,0	3	10	-	25,000	211,667	500,000	711,667	71,167
17,0	3	10	-	25,000	236,667	500,000	736,667	73,667
18,0	3	9	-	22,500	259,167	450,000	709,167	70,917
19,0	4	8	53,33	47,778	306,944	60,000	366,944	36,694
20,0	4	6	40,00	42,500	349,444	45,000	394,444	39,444
21,0	4	4	26,67	32,778	382,222	30,000	412,222	41,222
22,0	4	5	33,33	38,194	420,417	37,500	457,917	45,792
23,0	4	5	33,33	38,194	458,611	37,500	496,111	49,611
24,0	4	7	46,67	45,694	504,306	52,500	556,806	55,681
25,0	5	9	-	22,500	526,806	112,500	639,306	63,931
26,0	5	10	-	25,000	551,806	250,000	801,806	80,181
27,0	5	10	-	25,000	576,806	375,000	951,806	95,181
28,0	6	17	-	42,500	619,306	850,000	1469,306	146,931
29,0	6	23	-	57,500	676,806	1150,000	1826,806	182,681
30,0	6	27	-	67,500	744,306	1350,000	2094,306	209,431
31,0	6	31	-	77,500	821,806	1550,000	2371,806	237,181
32,0	6	36	-	90,000	911,806	1800,000	2711,806	271,181
33,0	6	41	-	102,500	1014,306	2050,000	3064,306	306,431

34,0	6	44	-	110,000	1124,306	2200,000	3324,306	332,431
35,0	6	47	-	117,500	1241,806	2350,000	3591,806	359,181
36,0	6	48	-	120,000	1361,806	2400,000	3761,806	376,181
37,0	6	50	-	125,000	1486,806	2500,000	3986,806	398,681
38,0	6	48	-	120,000	1606,806	2400,000	4006,806	400,681
39,0	6	47	-	117,500	1724,306	2350,000	4074,306	407,431
40,0	6	49	-	122,500	1846,806	2450,000	4296,806	429,681
41,0	6	51	-	127,500	1974,306	2550,000	4524,306	452,431

- Perhitungan titik BH - 02

1. Daya fondasi tiang pancang pada tanah non-kohefif (pasir).

Contoh perhitungan diambil dari kedalaman 6 m

Jenis tanah : Pasir berlempung

N-SPT : 4

- a. Daya dukung ujung tiang pada tanah non kohesi

$$Q_p = 40 \times N\text{-SPT} \times L_b/D \times A_p < 400 \times N\text{-SPT} \times A_p$$

dimana :

Q_p = Tahanan ujung ultimate (ton)

A_p = Luas penampang tiang pancang = 0,1256 m²

L_b = Kedalaman penyelidikan tanah di lapangan = 1 m

D = Diameter tiang pancang (m) = 0,4 m

$$Q_p = 40 \times 6 \times 1/0,4 \times 0,1256 < 400 \times N\text{-SPT} \times 0,1256$$

$$= 40 \times 6 \times \frac{1}{0,4} = 0,125$$

$$= 75,00 \text{ Kn}$$

- b. Daya dukung selimut geser tiang pada tanah non kohesi

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

dimana :

L_i = Panjang lapisan tanah = 1 m

p = Keliling tiang = 1,256 m

$$Q_s = 2 \times 6 \times 1,256 \times 1$$

$$= 15 \text{ kN}$$

2. Daya fondasi tiang pancang pada tanah kohesif (lempung)

Contoh perhitungan diambil dari kedalaman 1 m

Jenis tanah : Lempung berpasir

N-SPT : 4

Luas penampang tiang : $0,1256 \text{ m}^2$

Keliling tiang : 1,256 m

c. Daya dukung ujung tiang pancang

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p$$

Dimana :

$$A_p = \text{luas penampang tiang} = 0,1256 \text{ m}^2$$

$$C_u = \text{Kohesi undrained (kN/m}^2 = 6,67 \text{ (kN/m}^2)$$

$$Q_p = 9 \times 6,67 \times 0,1256$$

$$= 7,500 \text{ Kn}$$

d. Daya dukung selimut tiang pancang

$$Q_s = \alpha \times c_u \times A_p \times L_i$$

Dimana :

$$\alpha = \text{Faktor adhesi} = 1 \text{ (Reese \& Wright, 1977)}$$

$$A_p = \text{Keliling tiang} = 1,256 \text{ m}$$

$$L_i = \text{Panjang lapisan tanah} = 1 \text{ m}$$

$$Q_s = 1 \times 6,67 \times 1,256 \times 1$$

$$= 8,333 \text{ kN}$$

$$C_u = \text{N-SPT} \times 2/3 \times 10$$

$$= 1 \times 2/3 \times 10$$

$$= 6,67 \text{ kN/m}$$

Tabel 4.5 Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data *Standard Penetration Test (SPT) BH-02*

Depth (m)	Soil Layer	N	c _u (kg/m)	Skin Friction		End Bearing	Qult (kN)	Qult (ton)
				Local	Cumm			
0,0	1	0	-	0	0	0	0	0
1,0	1	1	6,67	8,333	8,333	7,500	15,833	1,583
2,0	1	1	6,67	8,333	16,667	7,500	24,167	2,417
3,0	1	1	6,67	8,333	25,000	7,500	32,500	3,250
4,0	1	3	20,00	25,000	50,000	22,500	72,500	7,250
5,0	1	4	26,67	32,778	82,778	30,000	112,778	11,278
6,0	1	4	26,67	32,778	115,556	30,000	145,556	14,556
7,0	1	4	26,67	32,778	148,333	30,000	178,333	17,833
8,0	1	4	26,67	32,778	181,111	30,000	211,111	21,111
9,0	2	6	-	15,000	196,111	75,000	271,111	27,111
10,0	2	7	-	17,500	213,611	175,000	388,611	38,861
11,0	2	8	-	20,000	233,611	300,000	533,611	53,361
12,0	3	6	40,00	42,500	276,111	45,000	321,111	32,111
13,0	3	5	33,33	38,194	314,306	37,500	351,806	35,181
14,0	3	7	46,67	45,694	360,000	52,500	412,500	41,250
15,0	3	8	53,33	47,778	407,778	60,000	467,778	46,778
16,0	3	7	46,67	45,694	453,472	52,500	505,972	50,597
17,0	3	6	40,00	42,500	495,972	45,000	540,972	54,097
18,0	3	5	33,33	38,194	534,167	37,500	571,667	57,167
19,0	3	4	26,67	32,778	566,944	30,000	596,944	59,694
20,0	3	4	26,67	32,778	599,722	30,000	629,722	62,972
21,0	4	5	-	12,500	612,222	250,000	862,222	86,222
22,0	4	5	-	12,500	624,722	250,000	874,722	87,472
23,0	4	5	-	12,500	637,222	250,000	887,222	88,722
24,0	4	9	-	22,500	659,722	450,000	1109,722	110,972
25,0	4	12	-	30,000	689,722	600,000	1289,722	128,972
26,0	4	13	-	32,500	722,222	650,000	1372,222	137,222
27,0	4	15	-	37,500	759,722	750,000	1509,722	150,972
28,0	4	16	-	40,000	799,722	800,000	1599,722	159,972
29,0	4	17	-	42,500	842,222	850,000	1692,222	169,222
30,0	4	19	-	47,500	889,722	950,000	1839,722	183,972
31,0	4	20	-	50,000	939,722	1000,000	1939,722	193,972
32,0	5	20	-	50,000	989,722	1000,000	1989,722	198,972

33,0	5	20	-	50,000	1039,722	1000,000	2039,722	203,972
34,0	5	31	-	77,500	1117,222	1550,000	2667,222	266,722
35,0	5	41	-	102,500	1219,722	2050,000	3269,722	326,972
36,0	5	44	-	110,000	1329,722	2200,000	3529,722	352,972
37,0	5	47	-	117,500	1447,222	2350,000	3797,222	379,722
38,0	5	49	-	122,500	1569,722	2450,000	4019,722	401,972
39,0	5	51	-	127,500	1697,222	2550,000	4247,222	424,722
40,0	5	51	-	127,500	1824,722	2550,000	4374,722	437,472
41,0	5	50	-	125,000	1949,722	2500,000	4449,722	444,972
42,0	5	49	-	122,500	2072,222	2450,000	4522,222	452,222
43,0	5	47	-	117,500	2189,722	2350,000	4539,722	453,972
44,0	5	50	-	125,000	2314,722	2500,000	4814,722	481,472
45,0	5	55	-	137,500	2452,222	2750,000	5202,222	520,222

4.2 Hasil Perhitungan Daya Dukung

Analisa daya dukung pondasi tiang pancang pada Proyek Pembangunan Masjid Al Kamil yaitu untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang terhadap beban yang dipikulnya.

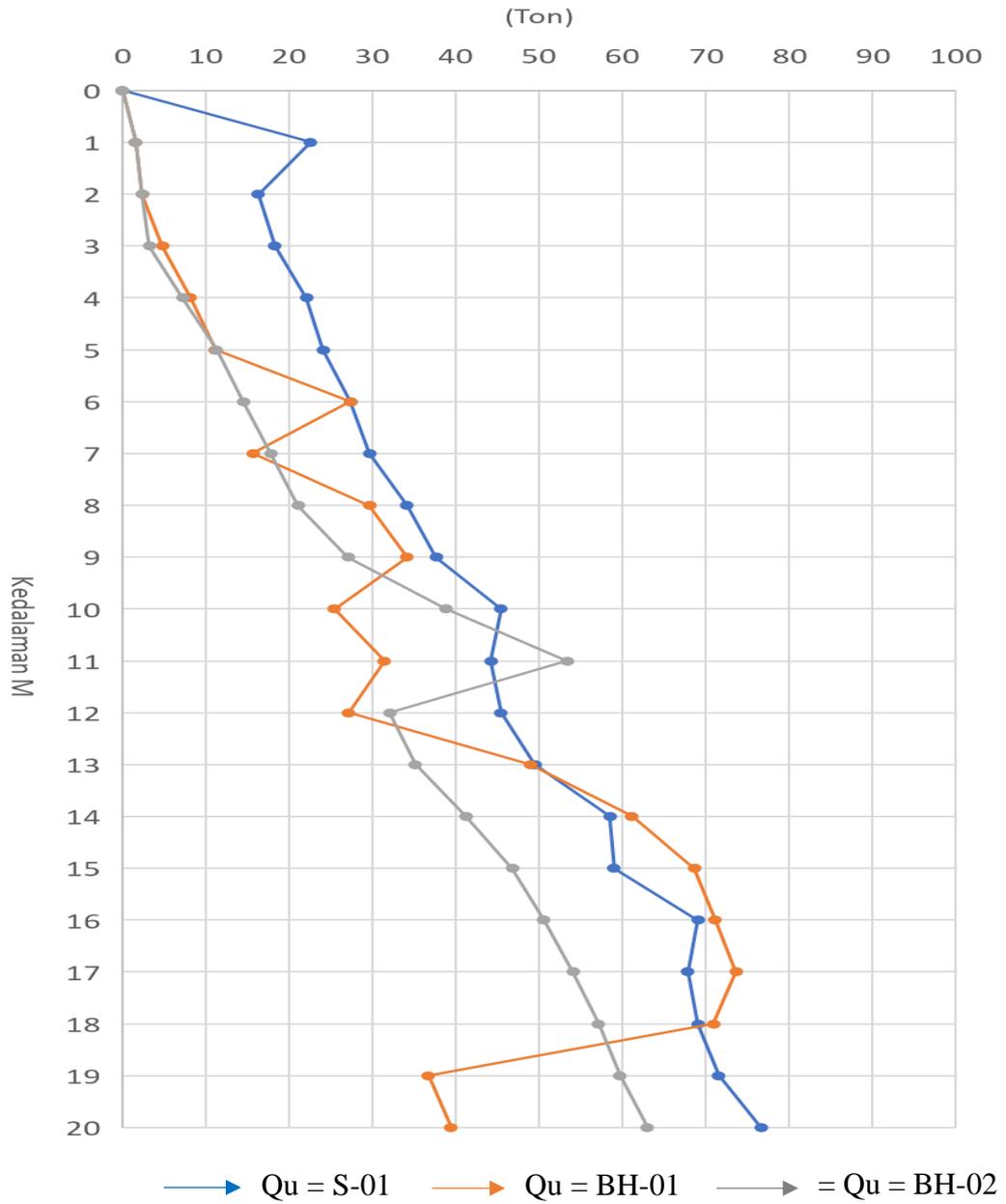
Dari hasil perhitungan dapat dilihat perbandingan daya dukung berdasarkan data sondir, data SPT, Perbedaan daya dukung tersebut bisa disebabkan karena jenis dan kedalaman tanah yang berbeda bahkan pada jarak terdekat sekalipun.

Apabila daya dukung yang diijinkan satu tiang sudah diketahui, maka daya dukung kelompok tiang dapat ditentukan dengan menggandakannya terhadap efisiensi kelompok tiang. Berikut adalah hasil yang di diperoleh :

Tabel 4.6 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan Data sondir dan SPT

PERHITUNGAN HASIL CPT DAN SPT								
Kedalaman	`titik	Sondir /Cpt				SPT		
		Metode meyerhoff		Metode aeoki dan alancer		Metode meyerhoff		
		QU	QI	QU	QI		QU	QI
20 ,00 M	S-01	76,616 (TON)	30,646 (TON)	79,340 (TON)	31,732 (TON)	BH-01	39,444 (TON)	15,77 (TON)
						BH-02	62,972 (TON)	20,99(TON)

Grafik perbandingan Q_u dari hasil perhitungan Sondir / CPT dan SPT



Gambar 4.3 Grafik perbandingan Q_u hasil Sondir/CPT dan SPT

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Tiang pancang adalah salah satu bagian dari konstruksi yang digunakan untuk meneruskan beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah. Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai fondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung yang cukup kuat. Sehingga perlunya beberapa pengujian yang dilakukan dan juga analisa pada perhitungan tersebut diantaranya pengujian sondir, SPT, dan lain lain.

Pada perhitungan analisa tiang pancang ini, beberapa data yang digunakan haruslah sesuai antara masing-masing data khususnya pada kedalaman yang sama pada pengujian atau tiang yang di pancang sehingga analisa hasil dapat dilakukan. Namun tidak sepenuhnya analisa secara keseluruhan ini dapat dijadikan patokan sepenuhnya, disebabkan jarak antara beberapa titik data yang diperoleh tidaklah begitu dekat (seperti data SPT). Sehingga berkemungkinan adanya perbedaan lapisan tanah pada masing-masing titik yang dapat mempengaruhi besarnya daya dukung tanah tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan pada proyek pembangunan Masjid Al Kamil Jatigede Sumedang , maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan daya dukung berdasarkan data sondir :

- Dengan Metode Mayerhoff

Sondir S-1 pada kedalaman 20,00 M $Q_{ult} = 76,616$ ton

$$Q_{ijin} = 30,6464 \text{ ton}$$

- Dengan Metode Aoki dan De Alencar

Sondir S-1 pada kedalaman 20,00 M, $Q_{ult} = 79,32$ ton

$$Q_{ijin} = 31,732 \text{ ton}$$