

TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI PEMBANGUNAN JEMBATAN
GANTUNG DESA MUARA JANGGA KECAMATAN BATHIN XXIV
KABUPATEN BATANGHARI



Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kurikulum Program S-1
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Batanghari

Disusun oleh:

SHINTA PHUJA GUSTI

1600822201044

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
2022

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI PEMBANGUNAN JEMBATAN
GUNTUNG DESA MUARA JANGGA KECAMATAN BATHIN XXIV
KABUPATEN BATANGHARI



Disusun Oleh:

SHINTA PHUJA GUSTI

1600822201044

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari menyatakan Tugas Akhir dengan judul dan penyusunan sebagaimana diatas telah disetujui sesuai prosedur, ketentuan dan kelaziman yang berlaku dan dapat diajukan dalam Sidang Ujian Tugas Akhir Program Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, Agustus 2022

Dosen Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Suhendra', written over a horizontal line.

Suhendra, ST, MT

Dosen Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ria Zulfiati', written over a horizontal line.

Ria Zulfiati, ST, MT






HALAMAN PENGESAHAN

TOLERANSI RISIKO KESELAMATAN PADA INDUSRI KONSTRUKSI

Tugas akhir ini telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Ujian Tugas Akhir dan komprehensif dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Nama : Shinta Phuija Gusti
NPM : 1600822201044
Hari/Tanggal Ujian : Sabtu , 3 September 2022
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik

PANITIA PENGUJI

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	Ir.H.Azwarman,MT	1 
2. Sekretaris	Ria Zulfiati,ST,MT	2 
3. Penguji I	Elvira Handayani, ST , MT	3 
4. Penguji II	Wari Dony, ST , MT	4 
5. Penguji III	Dr.Ir. H. Amsori, M. Das, M.Eng	5 

Disahkan Oleh:

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Ir. H. Fakhirul Rozi Yamali, ME


Elvira Handayani, ST, MT

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Shinta Phuja Gusti

NPM : 1600822201044

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : **ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI**

PEMBANGUNAN JEMBATAN GANTUNG DESA MUARA JANGGA

KECAMATAN BATHIN XXIV KABUPATEN BATANGHARI

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*, apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Batanghari sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, 2026



NPM 1600822201044

MOTTO

“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S AL-Baqarah: 286)

“ Tidak ada sesuatu yang mustahil untuk dicapai. Tidak ada sesuatu yang mustahil untuk diselesaikan. Karena, ‘Sesungguhnya Allah bebas melaksanakan kehendaknya. Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu dengan takarannya’.”

(Q.S At Thalaqa: 3)

“ Pada dasarnya, takdir Allah itu selalu baik, walau terkadang perlu air mata untuk menerimanya. “

(Umar Bin Khatab)

ABSTRAK

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI PEMBANGUNAN JEMBATAN GANTUNG DESA MUARA JANGGA KECAMATAN BATHIN XXIV KABUPATEN BATANGHARI

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Batanghari Jambi

Email: shintaaura41@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan Gantung yang berlokasi di Desa Muara Jangga, Kecamatan Bathin XXIV, Kabupaten Sarolangun merupakan infrastruktur vital yang menghubungkan arus lalu lintas antara Jambi dan Sarolangun. Mengingat pentingnya peran jembatan ini yang sering dilewati kendaraan bermuatan besar, diperlukan analisis mendalam mengenai stabilitas dan kapasitas dukung pondasinya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal pada pembangunan Jembatan Gantung menggunakan tiga metode data lapangan, yaitu data Sondir (*Cone Penetration Test/CPT*), data *Standard Penetration Test (N-SPT)*, dan data *Calendring*.

Metode penelitian melibatkan pengumpulan data primer dan sekunder, yang mencakup data penyelidikan tanah di lokasi proyek. Analisis difokuskan pada penggunaan tiang pancang beton pracetak (*precast pile*) dengan mutu beton K-350 dan diameter 600 mm. Perhitungan daya dukung dilakukan untuk mengetahui hasil yang paling aman dan efisien guna menjamin kestabilan pondasi terhadap beban struktur atas, serta stabilitas terhadap geser, guling, dan kelongsoran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi instansi terkait dalam perencanaan teknis pondasi jembatan di masa mendatang.

Kata Kunci: Daya Dukung Pondasi, Jembatan Gantung, Tiang Pancang Tunggal, Sondir, N-SPT, *Calendring*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat, Taufiq dan hidayahnya. Berkat ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “PERENCANAAN BIAYA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PADA PEKERJAAN PENGEMBANGAN BANGUNAN GEREJA GBI GCCC JAMBI” karena penulis percaya, jika sesuatu pekerjaan itu terselesaikan dengan baik tidak terlepas dari karunia tuhan, dan juga interaksi antara doa dan ikhtiar dengan ketekunan yang tinggi akan membuahkan hasil yang memuaskan, apapun pekerjaan yang dilakukan.

Tugas akhir ini merupakan persyaratan akademis yang harus diselesaikan mahasiswa untuk memenuhi persyaratan kurikulum pada program sarjana (S-1) Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari. Penyusunan Tugas Akhir ini terselesaikan tidak lepas dari dorongan kedua orang tua penulis. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Bahri dan Ibu Nuraida atas kasih sayang, doa, pengorbanan, serta dukungan tiada henti dalam setiap langkah penulis hingga dapat menempuh pendidikan perkuliahan dan sampai penyelesaian tugas akhir ini. Dalam kesempatan ini juga penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.
2. Bapak Drs. G. M. Saragih, M. Si sebagai Wakil Dekan I.

3. Ibu Ria Zulfiati, ST, MT sebagai Wakil Dekan II selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingannya dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Wari Dony, ST, MT sebagai Wakil Dekan III.
5. Ibu Ir. Elvira Handayani, ST, MT sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari
6. Bapak Suhendra, ST, M.T. Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini.
7. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh staf di Fakultas Teknik di Universitas Batanghari Jambi.
8. Serta kepada suami tercinta Ir. H. Eri Dahlan., M.T. Yang Selalu Memberikan Semangat, Motivasi, dan Bantuan Dalam Menelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritik membangun sangat diharapkan, semoga ini dapat sangat bermanfaat bagi pembaca maupun yang membutuhkannya

Jambi,

2022

Shinta Pujha Gusti

MOTTO

“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S AL-Baqarah: 286)

“ Tidak ada sesuatu yang mustahil untuk dicapai. Tidak ada sesuatu yang mustahil untuk diselesaikan. Karena, ‘Sesungguhnya Allah bebas melaksanakan kehendaknya. Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu dengan takarannya’.”

(Q.S At Thalaqa: 3)

“ Pada dasarnya, takdir Allah itu selalu baik, walau terkadang perlu air mata untuk menerimanya. “

(Umar Bin Khatab)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Tanah	7
2.3 Penyelidikan Tanah (Soil Investigation).....	8
2.3.1. Sondir atau Cone Penetration Test (CPT)	9
2.3.2. Standar Penetration Test (SPT).....	12
2.3.3. Deep boring atau Pengeboran Dalam.....	14
2.3.4. Uji Laboratorium.....	15
2.4 Pondasi Tiang	16
2.4.1. Macam-macam pondasi tiang berdasarkan material	16
2.4.2. Macam-macam pondasi tiang berdasarkan cara penyaluran.....	29
beban yang diterima tiang kedalam tanah	29
2.5 Daya Dukung Tanah	30
2.6 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang.....	30
2.7 Daya Dukung Tiang Tunggal berdasarkan Data Tanah.....	31
2.7.1. Kapasitas daya dukung tiang pancang dari hasil sondir.....	31
2.7.2. FaktorAman.....	35
2.8 Menghitung daya dukung Pondasi dengan menggunakan Data	37

Kalendring	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	39
3.2 Data Teknis	39
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	40
3.4 Flowchart Penelitian	40
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN	42
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	42
4.2 Gambaran Umum Jembatan Gantung Desa Muara Jangga	42
4.3 Perhitungan daya dukung pondasi Tiang Pancang berdasarkan data hasil sondir	43
4.4 Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang dari data sondir	46
4.4.1. Perhitungan daya dukung tiang pancang dengan Metode Langsung ...	46
4.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Data Kalendring.....	48
4.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Data SPT.....	51
4.6.1. Perhitungan DayaDukungTiangPancangdengan Data SPT	52
4.7 Rekapitulasi hasil perhitungan dengan metode Sondir, Calendring dan	53
N-SPT di dalam tabel sebagai berikut :	53
BAB V PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar2. 1 Blok Contoh Tanah	8
Gambar2. 2 Rangkaian Alat Penetrasi Konus (Sondir Belanda)	12
Gambar2. 3 Penetrasi dengan SPT.....	13
Gambar2. 4 Penyambungan tiang kayu: (a) selubung pipa; (b) lempeng logam dengan baut	18
Gambar2. 5 Tiang pancang kayu pada tanah keras.....	19
Gambar2. 6 Tiang pancang pracetak dengan penulangan biasa	20
Gambar2. 7 Tiang pancang pracetak beton prategang	21
Gambar2. 8 Tiang beton cor ditempat	22
Gambar2. 9 Tiang pancang castin place	25
Gambar2. 10 Tiang baja: (a) sambungan tiang H dengan las ; (b) sambungan tiang pipa dengan las; (c) sambungan tiang H dengan paku keling dan baut; (d) sarung datar pemancangan tiang pipa; (e) sarung konikal pemancangan tiang pipa.....	27
Gambar2. 11 Tiang pancang baja.....	28
Gambar2. 12 (a) End Bearing Pile ; (b) Adhesive Pile ; (c) Friction Pile.....	30
Gambar2. 13 Jenis tanah berdasarkan pengujian CPT (Sondir)	33
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian	39
Gambar 3. 2 Flowcart Penelitian.....	41
Gambar 4. 1 Tampak Samping Jembatan	42
Gambar 4. 2 Tampak Melintang Jembatan	43
Gambar 4. 3 Tampak Atas	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor empirik F_b dan F_s	32
Tabel 2. 2 Nilai faktor empirik untuk tipe tanah	32
Tabel 2. 3 Faktor Aman yang disarankan (Reese dan O' Neill 1989)	36
Tabel 2. 4 Efisiensi jenis alat pancang	38
Tabel 4. 1 Daftar uji sondir abutmen 1	44
Tabel 4. 2 Daftar Uji Sondir Abutmen 2	45
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Sondir	46
Tabel 4. 4 Berdasarkan Kekuatan Tanah (Uji SPT)	51
Tabel 4. 5 Analisa Friction Tiang Pancang	52
Tabel 4. 6 Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan	53

DAFTAR NOTASI

q_c	= Tahanan ujung sondir/perlawanan penetrasi konus (PPK)
f_s	= gesekan selimut
A_p	= Luas penampang tiang pancang
Q_u	= Kapasitas dukung limit
Q_a	= Daya dukung ijin tiang
Q_b	= Tahanan ujung bawah ultimit
Q_s	= Tahanan gesek ultimit
q_b	= Kapasitas dukung ujung persatuan luas
f	= Tahanan kulit persatuan luas
A_s	= Luas selimut tiang
$q_{ca}(base)$	= Perlawanan konus rata rata 1,5D diatas ujung tiang 1,5D di bawah ujung tiang
F_b	= Faktorempirik tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tiang
$q_{ca}(side)$	= Perlawanan konus rata rata pada masing masing lapisan sepanjang tiang
F_s	= Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang
q_{c1}	= Rata rata PPK (q_c) 8D diatas ujung tiang
q_{c2}	= Rata rata PPK (q_c) 4D diatas ujung tiang
p	= keliling tiang
t	= Kekuatan geser tiang
c	= Kohesien tanah
σ	= Tegangan normal yang terjadi pada tanah

DAFTAR LAMPIRAN

1. SK
2. Lembar asistensi
3. Time schjule
4. Gambar kerja
5. Data Kalendring
6. Data Sondir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan sebuah konstruksi yang di *bangun* untuk dapat menghubungkan jalan yang terputus oleh karna adanya sungai atau selat. Dalam penelitian pondasi jembatan ini bertujuan untuk melihat kestabilan pondasi pada daya dukung tanah, dayadukung ultimate (*qult*), stabilitas terhadap geser, guling dan kelongsoran.

Jembatan Gantung adalah merupakan jembatan yang terletak di Desa Muara Jangga, Kecamatan Bathin XXIV, Kabupaten Sarolangun. Jembatan Gantung memiliki lebar 7 meter dan memiliki bentangan sepanjang 36 meter, dimana jembatan gantung tersebut merupakan jembatan yang di bangun dengan jenis type jembatan konvensional, menggunakan betonn pracetak/ precast.

Jembatan Gantung merupakan jembatan yang di bangun sebagai jembatan penyebrangan antara arus lalu lintas jambi menuju sarolangun, atau sarolangun menuju jambi, dan juga merupakan jembatan yang banyak dilewati oleh kendaraan-kendaraan yang cukup besar karena merupakan lintasan dari jalan antar kota. Penulis tertarik mengangkat Tugas Akhir dengan judul “*Analisis Daya Dukung Pondasi Pembangunan Jembatan Gantung Desa Muara Jangga Kec.Bathin XXIV, Kab. Sarolangun*” untuk membandingkan hasil perhitungan kapasitas dukung pondasi dari data sondir.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan diteliti sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menghitung daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data Uji Sondir,
2. Bagaimana cara menghitung daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data Uji Calendring,
3. Bagaimanacara menghitung daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data Uji N-SPT,

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data sondir,
2. Untuk mengetahui daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan uji kalendering,
3. Untuk mengetahui daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data N-SPT,

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat di jadikan masukan atau pertimbangan bagi pemerintah, instansi terkait serta seluruh pengguna prasarana transportasi

untuk memenuhi kebutuhan ekonomi di Provinsi Jambi sebelum melakukan perencanaan lainnya atau selanjutnya, serta bahan informasi bagi pembaca khususnya mahasiswa dan masyarakat pada umumnya dan secara pribadi sebagai ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah perlu dilakukan agar pelaksanaan penelitian dapat lebih terarah dan terfokus, sesuai dengan rencana yang dibuat, dan pada akhirnya dapat memberikan hasil yang maksimal sesuai dengan tujuan penelitian. Batasan masalah meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Tiang pancang yang ditinjau adalah model tiang pancang tunggal
2. Material tiang pancang beton pracetak (*precast pile*), mutu beton K-350 dengan diameter 600 mm
3. Menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data Sondir.
4. Menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data Calendring
5. Menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data N-SPT

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam bab-bab yang sistematis sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang hal-hal yang melatar belakangi penyusunan Tugas Akhir, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi hal-hal yang menjadi acuan dalam penyusunan Tugas Akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi metode pengumpulan data dan menguraikan langkah kerja, kerangka penelitian mulai dari penyusunan sampai penelitian menganalisa data.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisi perhitungan analisa daya dukung pondasi tiang pancang.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisa data yang telah dilakukan dan saran dari penulis terhadap pembahasan tersebut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (J.E. Bowles, 1992).

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya (Sardjono H. S., 1988). Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah ke dalam >8 m (J.E. Bowles, 1992).

Tiang pancang adalah bagian - bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban - beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah (J. E. Bowles, 1992).

Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

Dalam Pelaksanaan pemancangan pada umumnya dipancangan tegak lurus dalam tanah, tetapi ada juga dipancangan miring (*battle pile*) untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja. Sudut kemiringan yang dapat dicapai oleh tiang tergantung dari alat yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya. Tiang Pancang umumnya digunakan :

1. Untuk mengangkat beban – beban konstruksi diatas tanah kedalam atau melalui sebuah stratum / lapisan tanah. Didalam hal ini beban vertical dan beban lateral boleh jadi terlibat.
2. Untuk menentang gaya desakan keatas, gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah dibawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki – kaki menara terhadap guling.
3. Memampatkan endapan - endapan tak berkohesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dengan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
4. Mengontrol lendutan / penurunan bila kaki-kaki yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi.
5. Membuat tanah dibawah pondasi mesin menjadi kaku untuk mengontrol amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari system tersebut.
6. Sebagai faktor keamanan tambahan dibawah tumpuan jembatan dan atau khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
7. Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban diatas permukaan air melalui air dan kedalam tanah yang mendasari air tersebut.

Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh oleh baik beban vertical (dan tekuk) maupun beban lateral (J. E. Bowles, 1992).

2.2. Tanah

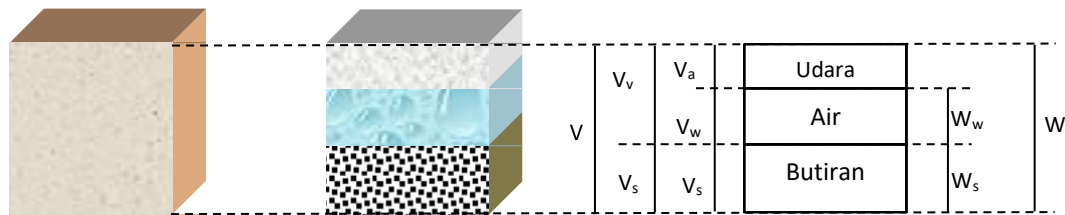
Tanah, pada kondisi alam, terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran – butiran tersebut dan dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air. Material ini berasal dari hasil pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali dipengaruhi oleh sifat batuan induk yang merupakan material asalnya, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut.

Istilah - istilah seperti kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula kandungan bahan organik. Material campurannya, kemudian dipakai sebagaimana tambahan di belakang material unsur utamanya. Sebagai contoh, lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau, dengan material utamanya adalah lempung dan sebagainya.

Tanah terdiri dari 3 (tiga) komponen, yaitu: udara, air, dan bahan padat . Udara dianggap tak mempunyai pengaruh teknis, sedang air sangat mempengaruhi sifat - sifat teknis tanah. Ruang di antara butiran - butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya, tanah dikatakan dalam kondisi jenuh .

Bila rongga terisi oleh udara dan air, tanah pada kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Tanah kering adalah tanah yang tak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol (H.C. Hardiyatmo, 1996).

Kondisi tanah beserta komponen - komponennya terlihat pada gambar blok tanah di bawah ini.



Gambar 2.1: Blok Contoh Tanah

Sumber: E. Sutarman, 2013

Dimana:

V_s = Volume Butiran Padat	W_s = Berat Butiran Padat
V_v = Volume Rongga Pori	W_w = Berat Volume Air
V_w = Volume Air	W_a = Berat Udara, dianggap
V_a = Volume Udara	Sama dengan nol
V = Volume Total	W = Berat Total

2.3. Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Pada perencanaan pondasi terlebih dahulu perlu diketahui susunan lapisan tanah yang sebenarnya pada suatu tempat dan juga hasil pengujian laboratorium dari sampel tanah yang diambil dari berbagai kedalaman lapisan tanah dan mungkin kalau ada perlu juga diketahui hasil pengamatan lapangan yang dilakukan sewaktu pembangunan gedung - gedung atau bangunan - bangunan lain yang didirikan dalam kondisi tanah yang serupa.

Penyelidikan tanah diperlukan untuk menentukan pilihan jenis pondasi, daya dukungnya dan untuk menentukan metode konstruksi yang efisien dan juga diperlukan untuk menentukan stratifikasi (pelapisan) tanah dan karakteristik teknis tanah sehingga perancangan dan konstruksi pondasi dapat dilakukan dengan ekonomis.

2.3.1. Sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT)

Pengujian CPT atau sondir adalah pengujian dengan menggunakan alat sondir yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60° dan dengan luasan ujung $1,54 \text{ in}^2$ (10 cm^2). Alat ini digunakan dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap 20 mm/detik , sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi (q_c) juga terus diukur.

Dilihat dari kapasitasnya, alat sondir dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sondir ringan (2 ton) dan sondir berat (10 ton). Sondir ringan digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 150 kg/cm^2 , atau kedalam maksimal 30 m, dipakai untuk penyelidikan tanah yang terdiri dari lapisan lempung, lanau dan pasir halus. Sondir berat dapat mengukur tekanan konus 500 kg/cm^2 atau ke dalaman maksimal 50 m, dipakai untuk penyelidikan tanah di daerah yang terdiri dari lempung padat, lanau padat dan pasir kasar.

Keuntungan utama dari penggunaan alat ini adalah tidak perlu diadakan pemboran tanah untuk penyelidikan. Tetapi tidak seperti pada pengujian SPT, dengan alat sondir sampel tanah tidak dapat diperoleh untuk penyelidikan langsung ataupun untuk uji laboratorium. Tujuan dari pengujian sondir ini adalah untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah yang

Merupakan indikator dari kekuatan tanahnya dan juga dapat menentukan dalamnya berbagai lapisan tanah yang berbeda.

Dari alat penetrometer yang lazim dipakai, sebagian besar mempunyai selubung geser (bikonus) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrasi tersebut. Jadi pembacaan harga perlawanan ujung konus dan harga hambatan geser dari tanah dapat dibaca secara terpisah. Ada 2 tipe ujung konus pada sondir mekanis yaitu :

1. Konus biasa, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar, dimana besar perlawanan lekatnya kecil ;
2. Bikonus, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan hambatan lekatnya dan biasanya digunakan pada tanah yang berbutir halus.

Hasil penyelidikan dengan alat sondir ini pada umumnya digambarkan dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara kedalaman setiap lapisan tanah dengan besarnya nilai sondir yaitu perlawanan penetrasi konus atau perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus yang dinyatakan dalam gaya per satuan panjang.

Dari hasil sondir diperoleh nilai jumlah perlawanan (JP) dan nilai perlawanan konus (PK), sehingga hambatan lekat (HL) dapat dihitung sebagai berikut:

1. Hambatan Lekat (HL)

$$HL = (JP-PK) \times \frac{A}{B} \dots\dots\dots (2.1)$$

2. Jumlah Hambatan Lekat (JHL)

$$JHL = \sum_{i=0}^n HL \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

JP = Jumlah perlawanan, perlawanan ujung konus + selimut

(kg/cm²) PK= Perlawanan penetrasi konus, q_c (kg/cm²)

A = Interval pembacaan (setiap kedalaman 20 cm)

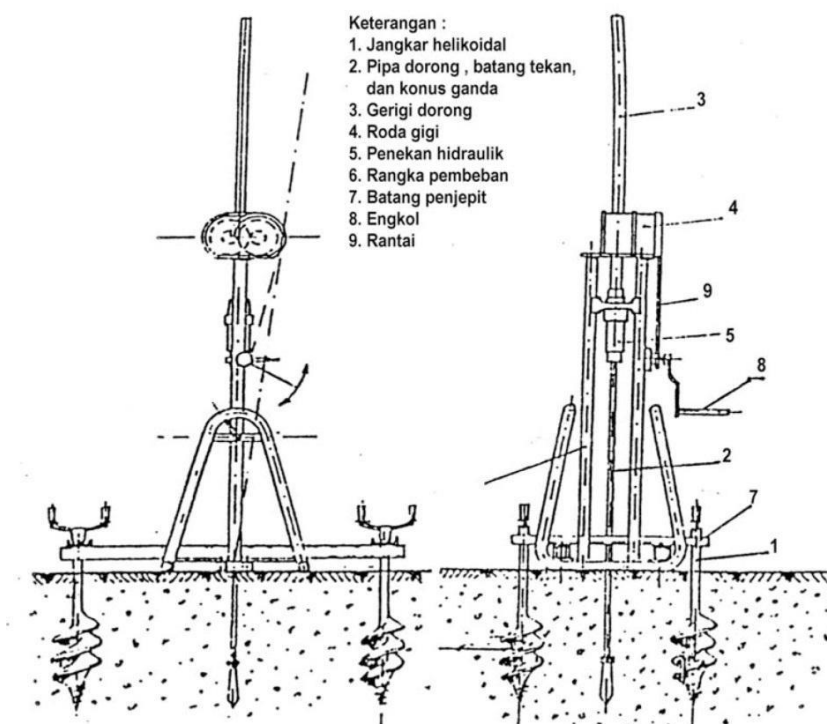
B = Faktorialat = Luaskonus/Luastorak = 10 cm

= Kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (m)

Data sondir tersebut digunakan untuk mengidentifikasikan dari profil tanah terhadap kedalaman. Hasil akhir dari pengujian sondir ini dibuat dengan menggambarkan variasi tahanan ujung (q_c) dengan gesekan selimut (f_s) terhadap kedalamannya. Bila hasil sondir diperlukan untuk mendapatkan daya dukung tiang, maka diperlukan harga kumulatif gesekan (jumlah hambatan lekat), yaitu dengan menjumlahkan harga gesekan selimut terhadap kedalaman, sehingga pada kedalaman yang ditinjau dapat diperoleh gesekan total yang dapat digunakan untuk menghitung gesekan pada kulit tiang.

Besaran gesekan kumulatif (*total friction*) dipastikan dengan sebutan jumlah hambatan lekat (JHL). Bila hasil sondir digunakan untuk klasifikasi tanah,

maka cara pelaporan hasil sondir yang diperlukan adalah menggambarkan tahanan ujung (q_c), gesekan selimut (f_s) dan ratio gesekan (FR) terhadap kedalaman tanah.



Gambar 2.2: Rangkaian Alat Penetrasi Konus (Sondir Belanda)

Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2008

Standar tentang, “Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir “ di Indonesia adalah SNI 2827 : 2008, yang merupakan revisi dari SNI 03-2827-1992, yang mengacu pada ASTM D 1586-84 (1984), “*Standar penetration test and splitbarrel sampling of soils*”.

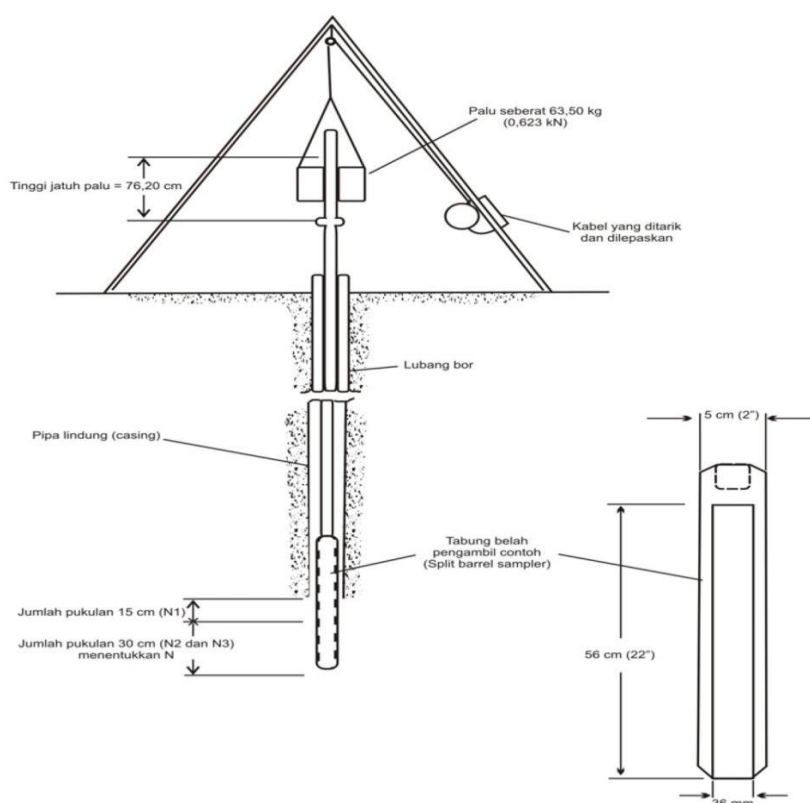
2.3.2. Standar Penetration Test (SPT)

Standard Penetration Test (SPT) sering digunakan untuk mendapatkandaya dukung tanah secara langsung di lokasi. Metode SPT merupakan percobaan dinamis yang dilakukan dalam suatu lubang bor. Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal kedalam tanah, disertai pengukuran

Jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujiannya dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke – dua dan ke- tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan / 0,3 m).

Nilai SPT Terkoreksi (N') dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$N' = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \dots \dots \dots (2.3)$$



Gambar 2.3 : Penetrasi dengan SPT

Sumber: Badan Standarrisasi Nasional, 2008

Tujuan dari percobaan SPT ini adalah untuk menentukan kepadatan relatif lapisan tanah dari pengambilan contoh tanah dengan tabung sehingga diketahui jenis tanah dan ketebalan tiap-tiap lapisan kedalaman tanah dan untuk memperoleh data yang kualitatif pada perlawanan penetrasi tanah serta menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkohesi yang biasa sulit diambil sampelnya.

Standar tentang “Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT ” di Indonesia adalah SNI 4153 : 2008, yang merupakan revisi dari SNI 03-4153-1996, yang mengacu pada ASTM D 1586-84 “*Standard penetration test and split barrel sampling of soils*”.

2.3.3. *Deep boring* atau Pengeboran Dalam

Tes *Deep boring* adalah pekerjaan pengambilan *sample* tanah asli untuk mengetahui kondisi tanah per-layer dan jika dimungkinkan sampai ke tanah keras. Dalam *boring* ini sekaligus dilakukan pengambilan *sample* tanah tak terganggu serta pengujian SPT (*standar penetration test*) disetiap interval 2 mpa dan masing-masing titik bor. Hal ini mengacu sesuai dengan prosedur ASTM D1586, dengan berat *hammer* adalah 63,5 kg dan tinggi jatuh bebas *hammer* adalah 76 cm. Contoh tanah yang diperoleh dari tabung SPT, dimasukkan dalam kantong plastik dan diberi label nama sesuai dengan nilai/jumlah pukulan, kedalaman dan nomor bornya. Contoh tanah yang diperoleh dari SPT tersebut bisa digunakan untuk *visual description* maupun uji laboratorium bila diperlukan.

Tahapan pelaksanaan *deep boring* yaitu: melakukan pengumpulan data lapangan yang akan digunakan sebagai area pembangunan Jembatan, menentukan satu titik untuk *test boring*, memasang peralatan pada titik tersebut, pengeboran dilakukan terus menerus dengan cara *rotary coredrilling*. Pengeboran ini dilaksanakan dengan sistem *rotary drilling*, tabung inti (*corebarrel*) yang digunakan adalah *single core barrel* Ø 73 mm, panjang 1,5m.

2.3.4. Uji Laboratorium

Pengujian ini menggunakan sampel tanah yang telah diambil pada pekerjaan *core drilling* yaitu contoh tanah tidak terganggu. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah. Hasil dari uji laboratorium akan dikorelasikan dengan hasil uji lapangan sehingga dapat didesain struktur pondasi yang aman dan efisien.

Penelitian di laboratorium terdiri atas pengujian terhadap sifat fisis dan mekanis tanah. Keseluruhan pengujian berdasarkan standar *American Society for Testing and Material* (ASTM).

Uji sifat-sifat indeks tanah (*Index Properties Test*), meliputi : Berat Isi (*Unit Weight*) – ASTM D2937, Kadar Air (*Natural Moisture/Water Content*) – ASTM D2216, Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*) – ASTM D854, *Atterberg Limits* – ASTM D4318, *Grain Size Distribution* – ASTM D422.

Uji sifat-sifat mekanis tanah (*Mechanical Properties Test*), meliputi: Uji Tekan Triaksial – UU untuk tanah lempung dan lanau – ASTM D2850, Uji *Direct Shear* untuk tanah pasir – ASTM D3080, *Consolidation Test* – ASTM D2435.

2.4. Pondasi Tiang

Pondasi tiang (*pilefoundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung beban struktur atas dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Sehingga untuk mendistribusikan beban tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan gesekan antara tiang dan tanah (tiang pancang apung) maupun dengan tahanan ujung dari tiang itu. Sehingga distribusi beban pada tiang pancang merupakan kombinasi dari tahanan samping dan tahanan ujung.

Pada perencanaan pondasi, faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan didalam pemilihan tiang pancang antara lain tipe dari tanah dasar yang meliputi jenis tanah dasar dan ciri-ciri topografinya, alasan teknis pada waktu pelaksanaan pemancangan dan jenis bangunan yang akan dibangun. Suatu pondasi dapat dikategorikan sebagai pondasi dalam (pondasi tiang) apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari sepuluh ($Df/B > 10$). Pondasi tiang dapat digolongkan berdasarkan material yang digunakan dan berdasarkan cara penyaluran beban yang diterima tiang kedalam tanah.

2.4.1. Macam-macam pondasi tiang berdasarkan material

Berdasarkan material yang digunakan, pondasi tiang terbagi atas 4 jenis, yaitu tiang kayu, tiang beton, tiang baja dan tiang komposit.

1. Tiang Kayu

Tiang kayu adalah batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipangkas dengan hati-hati. Panjang maksimum kebanyakan tiang kayu adalah 10-20 M. Agar kualitas tiang kayu yang dipakai bagus, maka kayunya harus

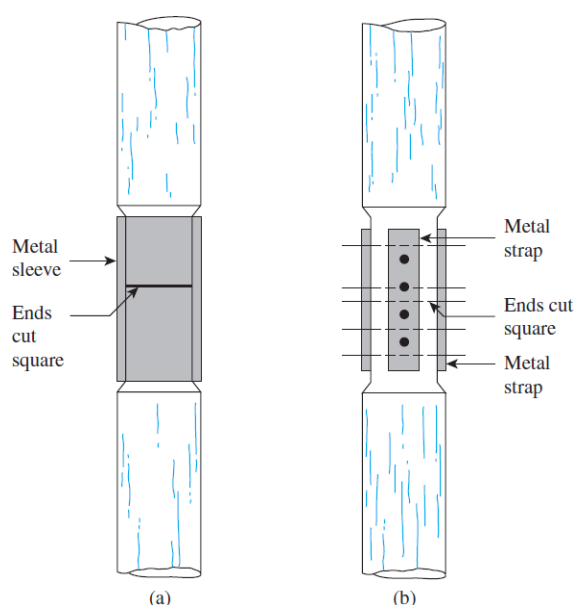
lurus, keras, dan tanpa adanya kerusakan. tiang kayu dapat diklasifikasikan kedalam 3 kategori:

- a. Tiang klas A: Tiang-tiang dalam kelas ini mampu menerima beban-beban yang berat. Diameter minimum batang sekurang-kurangnya 356 mm.
- b. Tiang klas B: Tiang-tiang dalam kelas ini mampu menerima beban-beban sedang. Diameter minimum batang adalah 305-330 mm.
- c. Tiang kelas C: Tiang ini digunakan untuk konstruksi sementara. Tiang ini dapat digunakan untuk konstruksi permanen apabila keseluruhan tiang tenggelam di bawah muka air tanah. Diameter minimum batang sekurang-kurangnya 305 mm.

Dalam setiap keadaan, kepala tiang tidak boleh memiliki diameter yang kurang dari 150 mm. Tiang kayu biasanya tidak dapat menahan tegangan pada pemancangan yang keras, oleh karena itu kapasitas tiang umumnya dibatasi hingga sekitar 220-270 kN (25 – 30 ton). Sepatu baja bisa digunakan untuk mencegah kerusakan ujung bawah tiang. Kepala tiang mungkin bisa juga rusak selama proses pemancangan. Kerusakan pada serat-serat kayu yang disebabkan oleh tumbukan palu dinamakan dengan *brooming*. Untuk mencegah kerusakan kepala tiang, topi dari logam biasanya ditambahkan pada kepala tiang.

Penyambungan tiang kayu haruslah dihindari, terutama apabila tiang akan memikul beban tarik atau beban lateral. Namun apabila penyambungan diperlukan, maka ini bisa dilakukan dengan menggunakan selubung pipa

(*pipe sleeves*) seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.4 (a) atau lempeng logam dengan baut (*metal straps and bolt*) pada Gambar 2.4 (b). Panjang selubung pipa sekurang-kurangnya 5 kali diameter tiang. Ujung batang kayu harus dipotong bujur sangkar sehingga kontak penuh dapat dijaga. Bagian penyambungan harus benar-benar dipotong sedemikian hingga cukup ketat di dalam selubung pipa.



Gambar 2.4: Penyambungan tiang kayu: (a) selubung pipa; (b) lempeng logam dengan baut

Sumber: Braja M. Das, 2011

Tiang kayu dapat tetap tidak mengalami kerusakan dalam waktu tak terbatas apabila sekeliling kayu adalah tanah yang jenuh air. Namun dilingkungan pantai, tiang kayu dapat diserang oleh berbagai organisme yang akan menimbulkan kerusakan yang berat setelah beberapa bulan. Bagian tiang yang berada di atas muka air bisa juga diserang oleh serangga. Umur tiang bisa ditingkatkan dengan melumuri tiang dengan minyak sebelum dipakai.

Daya dukung ijin tiang kayu dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q_{ijin} = A_p f_w \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

A_p = Luas penampang tiang rata-rata

f_w = Tegangan ijin kayu

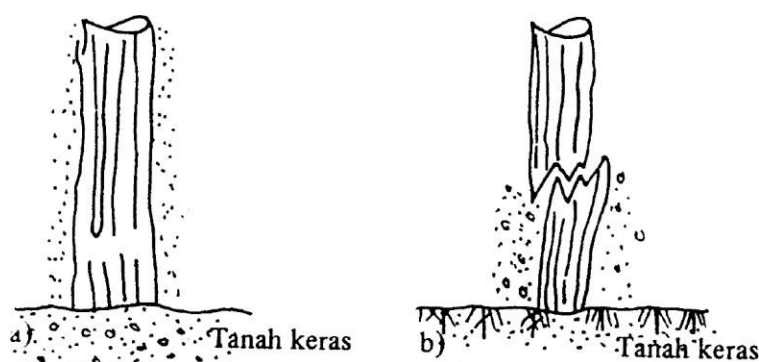
Keuntungan pemakaian tiang pancang kayu :

- a. Tiang pancang kayu relatif ringan sehingga mudah dalam pengangkutan;
- b. Kekuatan tariknya besar sehingga pada waktu diangkat untuk pemancangan tidak menimbulkan kesulitan seperti pada tiang pancang beton *precast*;
- c. Mudah untuk pemotongannya apabila tiang kayu sudah tidak dapat masuk lagi ke dalam tanah;
- d. Tiang pancang kayu lebih sesuai untuk *friction pile* dari pada *end bearing pile* karena tekanannya relatif kecil.

Kerugian pemakaian tiang pancang kayu :

- a. Karena tiang pancang kayu harus selalu terletak di bawah muka airtanah yang terendah agar dapat tahan lama, maka jika letak air tanahterendah tersebut sangat dalam, hal ini akan menambah biaya untuk penggalian;

- b. Tiang pancang kayu mempunyai umur relatif kecil dibandingkan dengan tiang pancang baja atau beton, terutama pada daerah yang tinggi air tanahnya sering naik turun ;
- c. Pada waktu pemancangan pada tanah yang berbatu (*gravel*) ujung tiang pancang kayu ini dapat berbentuk seperti sapu ditunjukkan dalam Gambar 2.5 (a). Atau dapat pula ujung tiang tersebut dapat merenyuk seperti terlihat pada Gambar 2.5 (b).

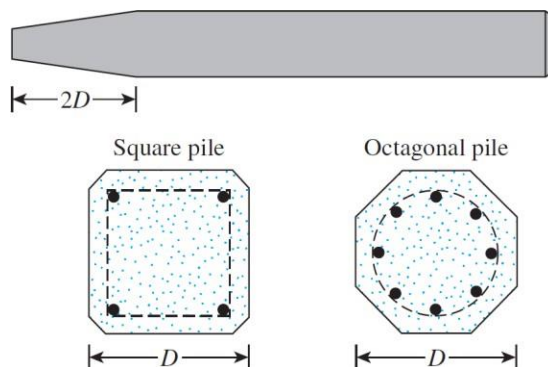


Gambar 2.5 : Tiang pancang kayu pada tanah keras

Sumber: Sardjono H.S.,1988

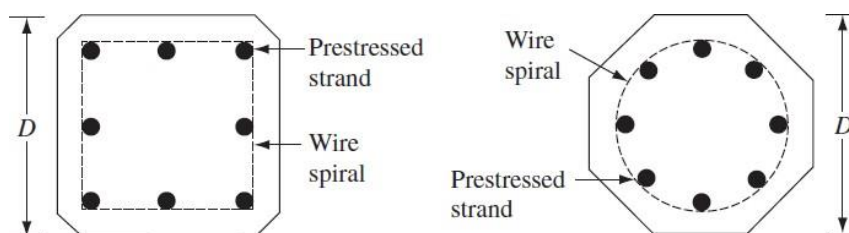
2. Tiang Beton

Tiang beton dapat dibagi ke dalam dua kategori dasar: (a) tiang pracetak (*precast piles*) dan (b) tiang dicor di tempat (*cast-in-situ piles*). Tiang pracetak dapat dibuat dengan menggunakan beton bertulang biasa, yang penampangnya bisa jadi bujur sangkar atau segi delapan (*octagonal*), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 Penulangan diperlukan untuk memungkinkan tiang mampu melawan momen lentur ketika pengangkatan, beban vertikal, dan momen lentur yang diakibatkan oleh beban lateral. Tiang dicetak dengan panjang yang diinginkan dan dirawat hingga sebelum diangkut ke tempat pemancangan.



Gambar 2.6a. Tiang pancang pracetak dengan penulangan biasa
Sumber: Braja M.Das, 2011

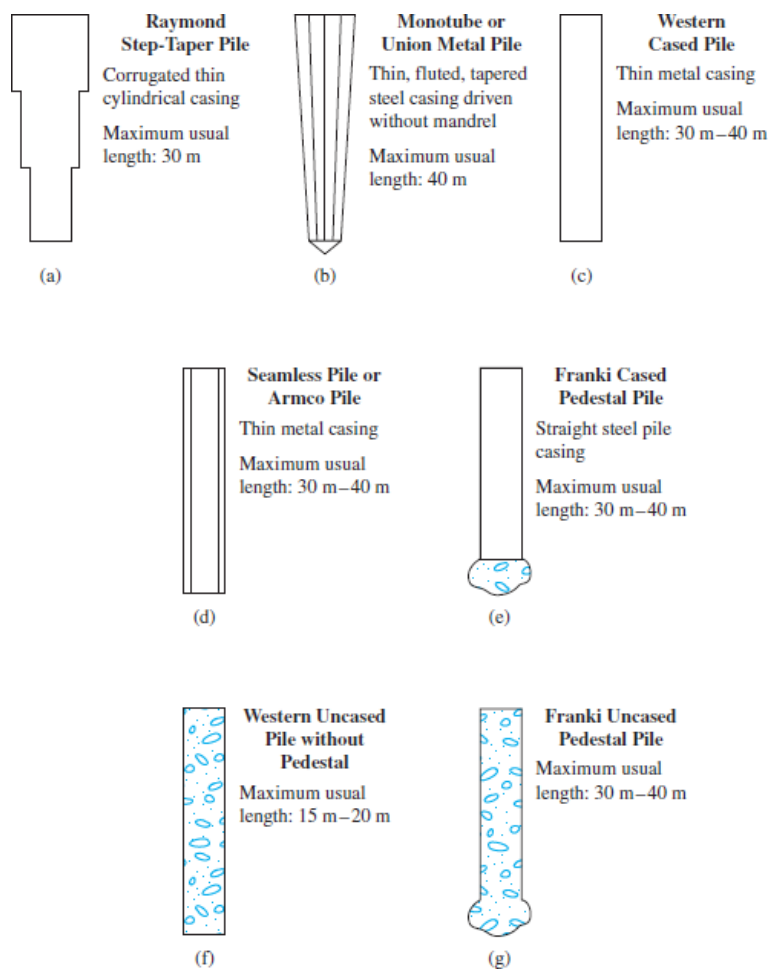
Tiang pracetak bisa juga terbuat dari kabel prategang baja berkekuatan tinggi (beton prategang). Kekuatan batas kabel baja ini berkisar 1800 MN/ m² (261 ksi). Ketika mencetak tiang, kabel ditarik terlebih dahulu hingga sekitar 900-1300 MN/m² (130-188 ksi), dan kemudian beton ditabur sekelilingnya. Setelah proses *curing*, kabel dipotong sehingga menghasilkan gaya kompresi pada lintang tiang.p



Gambar2.6b Tiang pancang pracetak beton prategang
Sumber: Braja M.Das, 2011

Tiang cor di tempat dibuat dengan terlebih dahulu menggali lubang ditanah dan kemudian mengisinya dengan beton. Berbagai jenis tiang betoncor di tempat digunakan dalam konstruksi pada waktu akhir-akhir ini, dan kebanyakan diantaranya telah dipatenkan oleh pabrik pembuatnya. Tiang – tiang semacam ini dapat dibagi kedalam dua kategori besar: (a) dengan *casing* dan (b) tanpa *casing*. Kedua jenis ini bisa memiliki pedestal pada ujung bawahnya.

Tiang dengan *casing* terbuat dari sebuah *casing* baja yang disorongkan kedalam tanah dengan bantuan sebuah *mandrel* yang ditempatkan di dalam *casing*. Apabila tiang telah mencapai kedalaman yang diinginkan, *mandrel* ditarik dan *casing* kemudian diisi dengan beton. Gambar 2.7 (a), (b), (c), dan (d) menunjukkan beberapa contoh tiang dengan *casing* tanpa pedestal. Gambar 2.7 (e) menunjukkan tiang dengan *casing* dan pedestal di ujung bawahnya. Pedestal adalah beton yang diletakkan pada ujung bawah tiang yang menggelembung, ini bisa dibuat dengan menjatuhkan palu pada beton yang masih segar.



Gambar 2.7 Tiang beton cor ditempat

Sumber: Braja M.Das, 2011

Gambar 2.7 (f) dan (g) adalah dua jenis tiang tanpa *casing* dengan salah satu diantaranya menggunakan pedestal. Tiang tanpa *casing* dibuat dengan pertama-tama mendorongkan *casing* kedalam tanah hingga suatu kedalaman yang diinginkan dan kemudian mengisinya dengan beton segar. *Casing* kemudian ditarik perlahan-lahan secara bertahap.

Beban ijin untuk tiang beton cor di tempat bergantung pada apakah *casing* digunakan atau tidak. Tiang dengan *casing* berarti *casing* akan menyumbang daya dukung ijin pada tiang. Sedangkan tiang tanpa *casing* berarti beban seluruhnya dipikul oleh beton. Dengan demikian beban ijin bisa diberikan dengan menggunakan rumus berikut :

Tiang dengan *casing*

$$Q_{ijin} = A_c f_c + A_s f_s \dots\dots\dots (2.4)$$

Tiang tanpa *casing*

$$Q_{ijin} = A_c f_c \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

A_s = Luas penampang baja

A_c = Luas penampang

beton

f_s = Tegangan ijin baja

f_c = Tegangan ijin beton

Keuntungan pemakaian *preca. strein forced concrete pile* yaitu :

- a. *Precast rein forced concrete pile* mempunyai tegangan tekan yang besar tergantung pada mutu beton yang digunakan ;
- b. Dapat diperhitungkan baik sebagai *end bearing pile* atau pun *frictionpile* ;
- c. Tahan lama dan tahan terhadap pengaruh air atau pun bahan-bahan *korosif* asal beton *decking* nya cukup tebal untuk melindungi tulangnya ;
- d. Karena tidak berpengaruh oleh muka air tanah maka tidak memerlukan galian tanah yang banyak untuk poernya.

Kerugian pemakaian *preca. strein forced concrete pile*:

- a. Karena berat sendirinya besar maka biaya pengangkutannya akan mahal, oleh karena itu *precast reinforced concrete pile* dibuat di tempat pekerjaan ;
- b. Tiang pancang beton ini baru dipancang apabila sudah cukup keras halini berarti memerlukan waktu yang lama untuk menunggu sampai tiang pancang beton ini bisa digunakan ;
- c. Bila memerlukan pemotongan, maka pelaksanaannya akan lebih sulit dan membutuhkan waktu yang lebih lama juga ;
- d. Bila panjang tiang kurang dan karena panjang tiang tergantung pada alat pancang (*piledriving*) yang tersedia, maka akan suka untuk melakukan penyambungan dan memerlukan alat penyambung khusus;

- e. Apabila dipancang di sungai atau di laut tiang akan bekerja sebagai kolom terhadap beban vertikal dan dalam hal ini akan ada tekuk sedangkan terhadap beban horizontal akan bekerja sebagai *cantilever*.

Precast prestressed concrete pile adalah tiang pancang dari beton prategang yang menggunakan baja dan kabel kawat sebagai gaya prategangnya.

Keuntungan pemakaian *precast prestressed concrete pile* adalah:

- a. Kapasitas beban pondasi yang dipikulnya tinggi;
- b. Tiang pancang tahan terhadap karat;
- c. Kemungkinan terjadinya pemancangan keras dapat terjadi,

Kerugian pemakaian *precast prestressed concrete pile* adalah:

- a. Sukar ditangani;
- b. Biaya pembuatannya mahal;
- c. Pergeseran cukup banyak sehingga prategangnya sukar disambung.

Tiang pancang *cast in place* ini adalah pondasi yang dicetak di tempat pekerjaan dengan terlebih dahulu membuat lubang dalam tanah dengan cara mengebor. Pelaksanaan *cast in place* ini dapat dilakukan dengan dua cara:

- a. Dengan pipa baja yang di pancangkan ke dalam tanah, kemudian di isi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa baja tersebut ditarik keatas;
- b. Dengan pipa baja yang dipancarkan ke dalam tanah kemudian di isi dengan beton, sedangkan pipa baja tersebut tetap tinggal dalam tanah.

Keuntungan pemakaian *cast in place*:

- a. Pembuatan tiang tidak menghambat pekerjaan;

b. Tiang tidak perlu diangkat , jadi tidak ada resiko kerusakan dalam pengangkutan ;

c. Panjang tiang dapat disesuaikan dengan keadaan dilapangan.

Kerugian pemakaian *castin place* :

a. X Kebanyakan dilindungi oleh hak patent ;

b. Pelaksanaannya memerlukan peralatan khusus ;

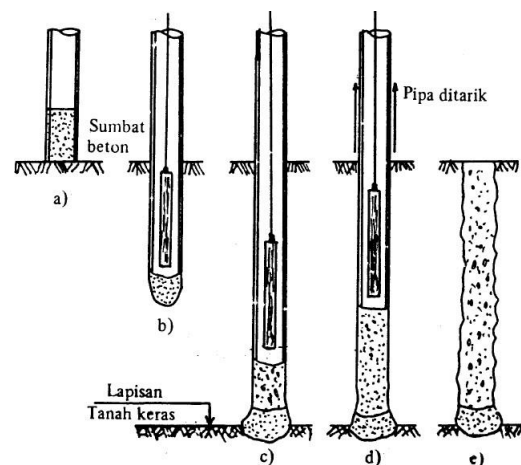
c. Beton dari tiang yang dikerjakan secara *castinplace* tidak dapat dikontrol.

Tiang franki adalah termasuk salah satu jenis dari *castin place*. Adapun prinsip kerjanya adalah sebagai berikut :

a. Pipa baja yang pada ujung bawahnya disumbat dengan beton yang dicor di dalam ujung pipa dan telah mengeras;

b. Dengan *drop hammer* sumbat beton tersebut ditumbuk agar sumbat beton dan pipa masuk ke dalam tanah ;

Setelah pipa mencapai kedalaman yang direncanakan, pipa terus di isi dengan beton sambil terus ditumbuk dan pipanya ditarik keatas.



Gambar 2.8 :Tiang pancang *castin place*

Sumber: Sardjono H.S.,1988

3. Tiang pancang baja

Tiang baja umumnya digunakan baik sebagai tiang pipa maupun sebagai tiang baja berpenampang H . Tiang pipa dapat disorongkan ke dalam tanah dengan ujung terbuka atau tertutup. Balok baja berpenampang flens-lebar (*wide - flange*) dan I dapat juga digunakan sebagai tiang. Namun tiang berpenampang H biasanya lebih disukai karena badan (*web*) flensnya memiliki ketebalan yang sama. Pada balok berpenampang flens-lebar dan I , ketebalan badannya lebih tipis dari flensnya. Dalam banyak kasus, tiang pipa di isi dengan beton setelah dimasukkan ke dalam tanah.

Beban rencana yang di ijinakan untuk tiang baja dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_{ijin} = A_s \sigma_{ijin} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

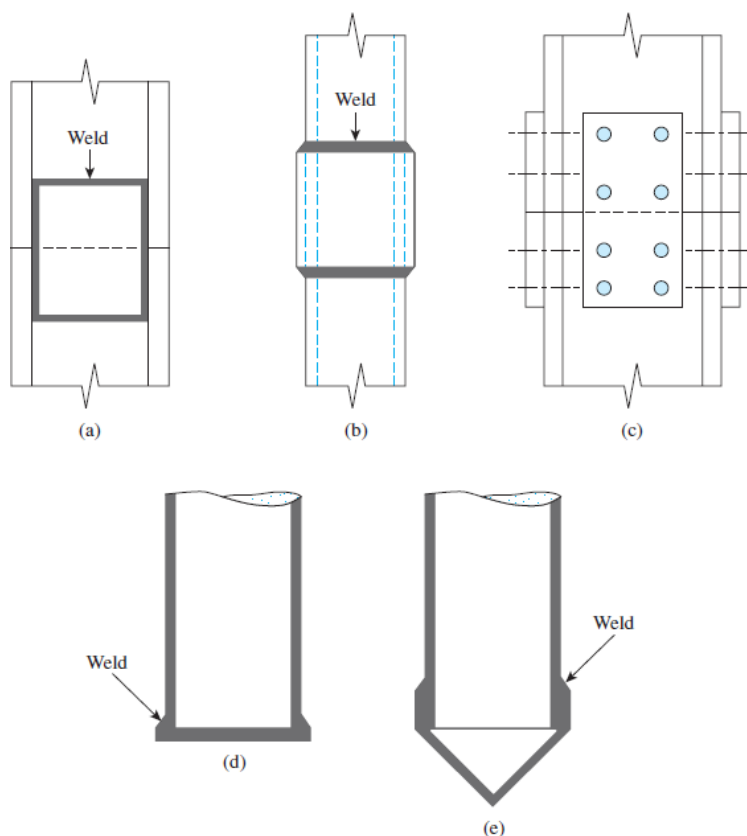
A_s = Luas penampang baja

σ_{ijin} = Tegangan ijin baja

Berdasar pada pertimbangan geoteknik, beban rencana untuk sebuah tiang dapat ditentukan. Beban rencana ($Q_{rencana}$) ini kemudian dikontrol oleh beban ijin tiang seperti dalam Pers. (2.6) . Tentunya beban rencana seharusnya lebih kecil dari beban ijin tiang.

Tiang baja , apabila diperlukan dapat disambung dengan las atau paku keling. Gambar 2.9 (a) memperlihatkan kondisi tipikal penyambungan dengan las sebuah tiang H . Kasus tipikal penyambungan dengan las tiang

pipa terlihat pada Gambar 2.9 (b). Gambar 2.9 (c) menunjukkan diagram penyambungan tiang H dengan paku keeling dan baut.



Gambar 2.9: Tiang baja: (a) sambungan tiang H dengan las ; (b) sambungan tiang pipa dengan las; (c) sambungan tiang H dengan paku keling dan baut; (d) sarung datar pemancangan tiang pipa; (e) sarung konikal pemancangan tiang pipa.

Sumber : Braja, M.Das, 2011

Kadang-kadang kondisi pemancangan agak sulit karena harus dipancang melalui kerikil padat, lapisan keras, dan batuan lunak. Untuk ini ujung tiang dapat dilengkapi dengan titik pancang atau sepatu. Gambar 2.9 (d) dan (e) menunjukkan dua jenis sepatu yang sering dipakai pada tiang pipa. Tiang baja bisa juga mengalami korosi. Sebagai contoh, tanah-tanah rawa, gambut dan tanah organik lainnya bisa menyebabkan korosi. Tanah - tanah yang mempunyai pH lebih besar dari 7 tidak terlalu korosif. Untuk

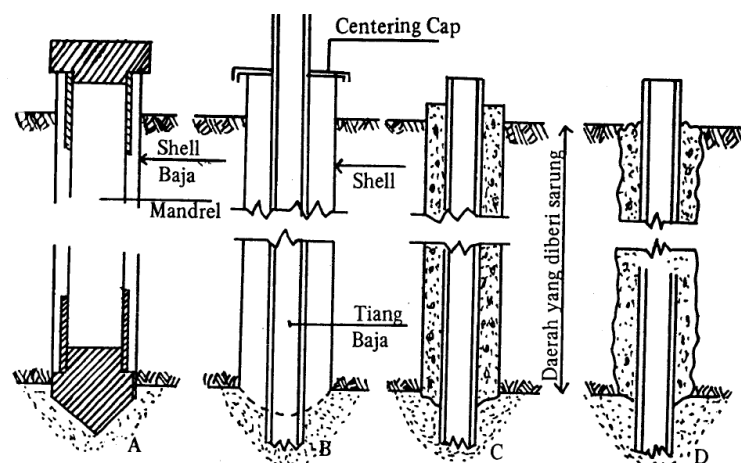
mempertimbangkan akibat korosi, suatu tambahan ketebalan baja (lebih dari luas penampang rencana) umumnya direkomendasikan. Dalam keadaan tertentu penggunaan lapisan *epoxy* yang biasanya dipakai dipabrik bisa juga mencegah korosi. Lapisan ini tidak begitu mudah rusak akibat pemancangan tiang. Pelapisan dengan beton pada tiang baja juga dapat mencegah korosi.

Keuntungan pemakaian tiang pancang baja :

- Tiang pancang ini mudah dalam hal penyambungan;
- Tiang pancang baja mempunyai kapasitas daya dukung yang tinggi ;
- Dalam pengangkutan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah.

Kerugian pemakaian tiang pancang baja :

- Tiang pancang ini mudah mengalami korosi ;
- Tiang pancang *H* dapat mengalami kerusakan besar saat menembus tanah keras dan yang mengandung batuan, sehingga diperlukan penguatan ujung.



Gambar2.10 : Tiang pancang baja

Sumber: Sardjono H.S.,1988

4. Tiang komposit

Yang dimaksud dengan tiang komposit adalah tiang bagian atas dan bawah memiliki bahan yang berbeda. Sebagai contoh, tiang komposit dapat terbuat dari baja dan beton atau kayu dan beton. Tiang baja dan beton terdiri dari bagian bawah terbuat dari baja dan bagian atas terbuat dari beton yang dicor di tempat. Tiang seperti ini digunakan apabila panjang tiang yang dibutuhkan melampaui daya dukung tiang beton cor di tempat yang sederhana. Tiang kayu dan beton biasanya terdiri dari bagian bawah terbuat dari kayu yang secara permanen berada di bawah muka air dan bagian atasnya beton. Dalam setiap kasus, bagaimanapun tidaklah mudah membuat sambungan yang benar-benar baik antara dua bahan yang tidak sama, sehingga tiang komposit sangat jarang digunakan.

2.4.2. **Macam-macam pondasi tiang berdasarkan cara penyaluran beban yang diterima tiang kedalam tanah**

Berdasarkan cara penyaluran bebannya ke tanah, pondasi tiang dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Pondasi tiang dengan tahanan ujung (*End Bearing Pile*)

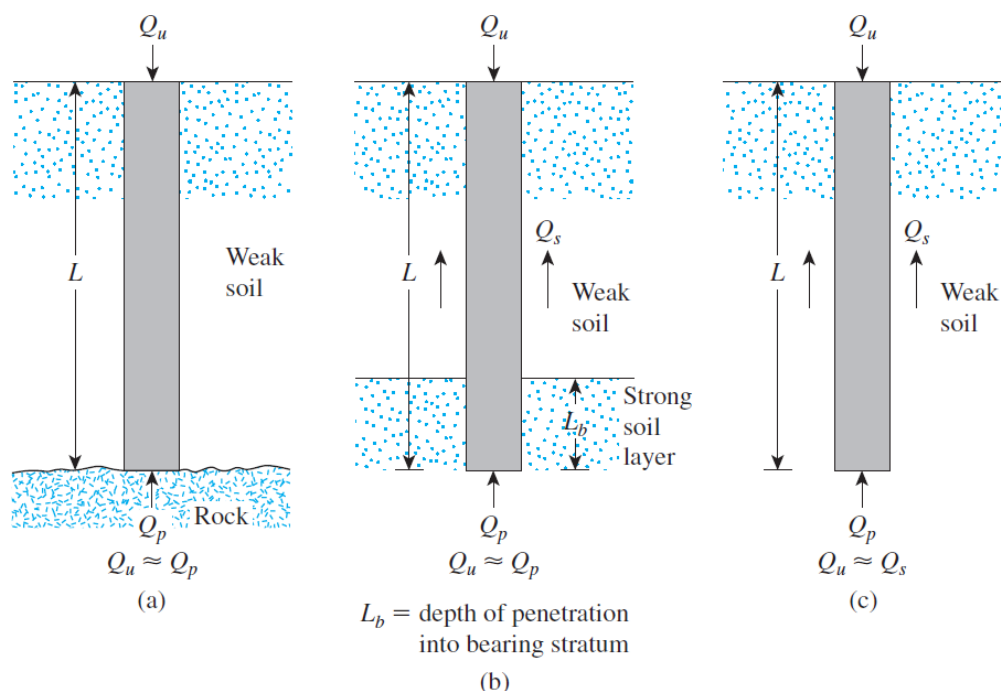
Tiang ini akan meneruskan beban melalui tahanan ujung tiang ke lapisantanaht pendukung.

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

Bila tiang dipancangkan pada dasar tanah pondasi yang memiliki nilai kohesi tinggi, maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan oleh lekat antara tanah disekitar dan permukaan tiang.

3. Tiang pancang dengan tahanan gesekan (*Friction Pile*)

Jenis tiang pancang ini akan meneruskan beban ke tanah melalui gesekan antara tiang dengan tanah di sekelilingnya. Bila butiran tanah sangat halus tidak menyebabkan tanah di antara tiang-tiang menjadi padat, sedangkan bila butiran tanah kasar maka tanah diantara tiang akan



semakin padat.

Gambar2.11: (a) End Bearing Pile ; (b) Adhesive Pile ; (c) Friction Pile
 Sumber: Braja M. Das, 2011

2.5. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah (Q) atau *bearing capacity* adalah kemampuan tanah memikul tekanan, atau tekanan maksimum yang diijinkan yang bekerja pada tanah di atas pondasi (A. Pamungkas dan E. Harianti, 2013).

Kapasitas dukung ultimit (*ultimit bearing capacity*) (q_u) didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan (H.C. Hardiyatmo, 2011).

Jadi daya dukung pondas merupakan besarnya tekanan yang mampu didukung oleh pondasi.

2.6. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang

Hitungan kapasitas dukung tiang dapat dilakukan dengan cara pendekatan statis dan dinamis. Hitungan kapasitas dukung tiang secara statis dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah, sedang hitungan dengan cara dinamis dilakukan dengan menganalisis kapasitas ultimit dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang. Akan tetapi dalam penelitian ini hanya akan menghitung kapasitas dukung tiang dengan cara statis berdasarkan data tanah yang ada.

Kapasitas dukung ultimit neto tiang (Q_u), adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_b) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang (W_p). Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

W_p = Berat sendiri tiang (kN)

Q_u = Kapasitas dukung ultimit neto (kN)

Q_b = $q_b \cdot A_p$ = Tahanan ujung bawah ultimit (kN)

Q_s = $F \cdot A_s$ = Tahanan gesek ultimit (kN)

2.7. Daya Dukung Tiang Tunggal berdasarkan Data Tanah

Penentuan daya dukung pondasi tiang pancang dengan cara statis dilakukan dengan menggunakan beberapa formula berdasarkan hasil sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)*.

2.7.1. Kapasitas daya dukung tiang pancang dari hasil sondir

Dari data pengujian sondir (CPT) dapat juga dipergunakan untuk menghitung daya dukung tiang. Perencanaan pondasi tiang pancang dengan sondir diklasifikasikan atas beberapa formula diantaranya :

1. Metode Schmertmann dan Nottingham(1975)

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

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana:

$q_{ca}(base)$ = Perlawanan konus rata-rata 1,5 D diatas ujung tiang, 1,5 D dibawah ujung tiang

F_b = Faktor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tiang

Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi sebagai berikut :

$$F = q_c(side) \frac{\alpha_s}{F_s} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$q_c(side)$ = Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan

sepanjang tiang

F_s = Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang

Faktor F_b dan F_s diberikan pada Tabel 2.1 dan nilai-nilai faktor empirik α_s

Diberikan pada Tabel 2.2

Tabel 2.1: Faktor empirik F_b dan F_s

Tipe tiang	F_b	F_s
pancang		
Tiang bor	3,50	7,00
Baja	1,75	3,50
Beton pratekan	1,75	3,50

Sumber: Titi&Farsakh, 1999

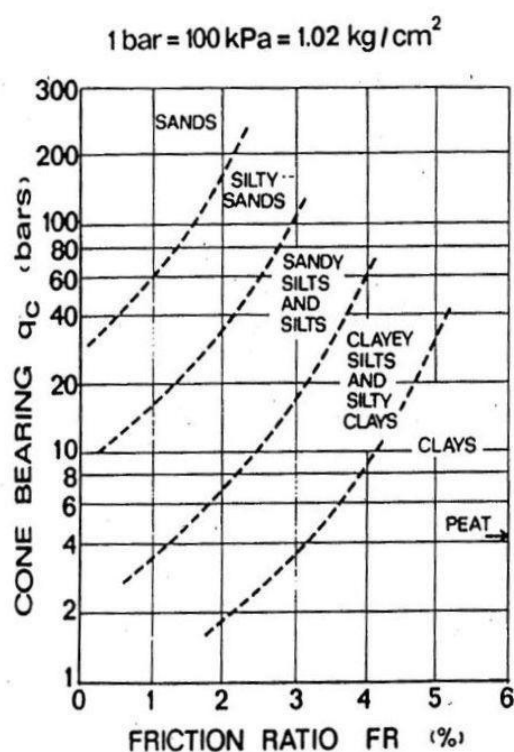
Tabel 2.2: Nilai faktor empirik untuk tipe tanah

Tipe tanah	$\alpha_s(\%)$	Tipe tanah	$\alpha_s(\%)$	Tipe tanah	$\alpha_s(\%)$
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

Sumber: Titi&Farsakh, 1999

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.

Perbandingan (rasio) antara tahanan gesek dan tahanan konus, *Friction Ratio* (F_R) dapat digunakan untuk memprediksi jenis atau tipe tanah. Seperti terlihat pada Gambar 2.12 [Robertson and Campanella (1983)].



Gambar 2.12 : Jenis tanah berdasarkan pengujian CPT (Sondir)

Sumber: Robertson and Campanella, 1983

2. Metode Langsung

Metode langsung dikemukakan oleh beberapa ahli diantaranya : Meyerhoff, Tomlinson, Begemann. (Hary Cristadi, 2015)

Daya dukung pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times P \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

$$Q_u = \text{Kapasitas daya dukung tiang pancang}$$

q_c = Tahanan ujung sondir (perlawanan penetrasi konus pada kedalaman

yang di tinjau)

Dapat digunakan faktor koreksi Meyerhoff:

q_{c1} = Rata-rata PPK (q_c) 8D diatas ujung tiang

q_{c2} = Rata-rata PPK (q_c) 4D di bawah ujung tiang

JHL = Jumlah hambatan lekat

p = Keliling tiang (m)

A_p = Luas penampang tiang (m²)

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{q_c \times A_p}{3} \frac{JHL \times P}{5}$$

dimana:

Q_a = Kapasitas daya dukung ijin tiang pancang

q_c = Tahanan ujung sondir memakai faktor koreksi Begemann

JHL = Jumlah hambatan lekat (*total friction*)

A_p = Luas penampang tiang

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang

5 = Faktor keamanan untuk gesekan padaselimut tiang

Dari hasil uji sondir ditunjukkan bahwa tahanan ujung sondir (harga tekan konus) bervariasi terhadap kedalaman. Oleh sebab itu pengambilan harga q_c untuk daya dukung diujung tiang kurang tepat. Suatu rentang di sekitar ujung tiang perlu dipertimbangkan dalam menentukan daya dukungnya.

Menurut Meyerhoff :

$q_p = q_c$ untuk keperluan praktis

$$q_p = (2/3 - 3/2) q_c \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana:

q_p = Tahanan ujung ultimit

2.7.2. Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit tiang dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud :

- a) Untuk memberikan keamanan terhadap ketidak pastian metode hitungan yang digunakan.
- b) Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresi bilitas tanah.
- c) Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- d) Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal masih dalam batas-batas toleransi.
- e) Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang – tiang masih dalam batas-batas toleransi.

Sehubungan dengan alasan butir d) , dari hasil banyak pengujian - pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban kerja (*working load*) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (Tomlinson,1977).

Reese dan O'Neill (1989) menyarankan pemilihan faktor aman (F) untuk perancangan pondasi tiang pada Tabel 2.6, yang dipertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut:

- a) Tipe dan kepentingan dari struktur.
- b) Variabilitas tanah (tanah tidakuniform).
- c) Ketelitian penyelidikan tanah.
- d) Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan.
- e) Ketersediaan data ditempat (uji bebantiang).
- f) Pengawasan / kontrol kualitas dilapangan.
- g) Kemungkinan beban desain aktual yang terjadi selama beban layanan struktur.

Tabel 2.3 : Faktor Aman yang disarankan (Reese dan O' Neill 1989)

Klasifikasi struktur	Faktor Aman (F)			
	Kontrol baik	Kontrol normal	Kontrol jelek	Kontrols angatjelek
Monumental	2,3	3	3,5	4
Permanen	2	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2	2,3	2,8

Sumber: H. C.Hardiyatmo,2008

Besarnya beban kerja (*working load*) atau kapasitas tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (F) yangsesuai.

2.8 Menghitung daya dukung Pondasi dengan menggunakan Data Kalendring

Ada 2 (dua) metode untuk perencanaan daya dukung tiang didasari hasil kalendering yaitu: metode *Danish Formula* (untuk menentukan tiang pancang tunggal telah cukup mencapai daya dukung pada kedalaman tertentu, walau pada praktiknya kedalaman dan daya dukung tiang telah direncanakan) dan metode *Gates* (formula ini sederhana dan dapat digunakan dilapangan dengan cepat).

Cara memperoleh grafik data kalendering hasil pemancangan tiang

Adalah :

1. Kertas grafik ditempelkan pada dinding tiang pemancangan sebelum tiang tertanam keseluruhan dan proses pemancangan belum selesai.
2. Kemudian alat tulis diletakkan diatas sokongan kayu dengan tujuan agar alat tulis tidak bergerak pada saat penggambaran grafik penurunan tiang ke kertas grafik ketika berlangsung pemancangan tiang.
3. Pengambilan data ini diambil pada saat kira-kira penurunan tiang pancang mulai stabil.

Hasil kalendering pemancangan tiang yang diambil pada 10 pukulan terakhir, kemudian dirata-ratakan sehingga diperoleh penetrasi titik perpukulan (s).

Kapasitas daya dukung tiang berdasarkan *Hilley Formula* adalah:

$$R = \frac{1}{N} \times \left(\frac{ef * 2 * W * H}{S + K} \right) \times \left(\frac{W + n^2 * P}{W + P} \right) \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

R = Kapasitas daya dukung batas (ton)

P = Berat tiang pancang (ton)

Ef = efisiensi palu = 1.0 untuk diesel hammer,

ef = 0,75 untuk drop hammer

W = Berat palu atau ram (ton)

n = Koefisien restitusi, n = 0,4 – 0,5 untuk palu besi

Cor, tiang beton tanpa helm

H = Tinggi jatuh palu (cm)

S = Penetrasi tiang pancang saat penumbukan

terakhir atau set (cm)

K = Rata – rata rebound untuk 10 pukulan terakhir

(cm)

N = Faktor keamanan

Tabel 2.4 Effisiensi jenis alat pancang

Jenis Alat pancang	Effesiensi
Pemukul jatuh (<i>drop hammer</i>)	0,75–1
Pemukul aksi tunggal (<i>single acting hammer</i>)	0,75- 0,85
Pemukul aksi dobel (<i>double acting hammer</i>)	0,85
Pemukul diesel (<i>diesel hammer</i>)	0,85–1

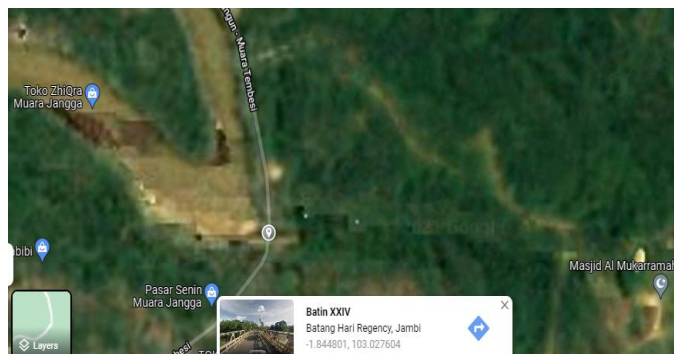
Sumber : (Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Sosrodarsono, 1983)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

1.1 Lokasidan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian yang menjadi studi kasus pada tugas akhir ini terdapat pada Pembangunan Jembatan Gantung Desa Muara Jangga, Kec. Bathin XXIV, Kab. Batanghari.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Google Maps (2021)

3.2 Data Teknis

Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu data tanah dan spesifikasi tiang pancang yang diperoleh dari pihak PT. Yunaco Era Mandiri selaku kontraktor. Adapun detail data tanah yang diperoleh sebagai berikut:

1. Data hasil uji sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) yang dikerjakan oleh Laboratorium Balai Jalan Nasional Wilayah IV.

Sedangkan detail spesifikasi tiang pancang yang diperoleh sebagai berikut:

1. Material Tiang Pancang : Tiang beton pracetak (precast pile)
2. Penampang Tiang : lingkaran 600 x 600 mm

3. Mutu Pc Strand/Pc Wire : ASTM Grade 270, JIS G 3536

4. Mutu Beton : K-350

5. Mutu Baja : BJTD-40/U-39

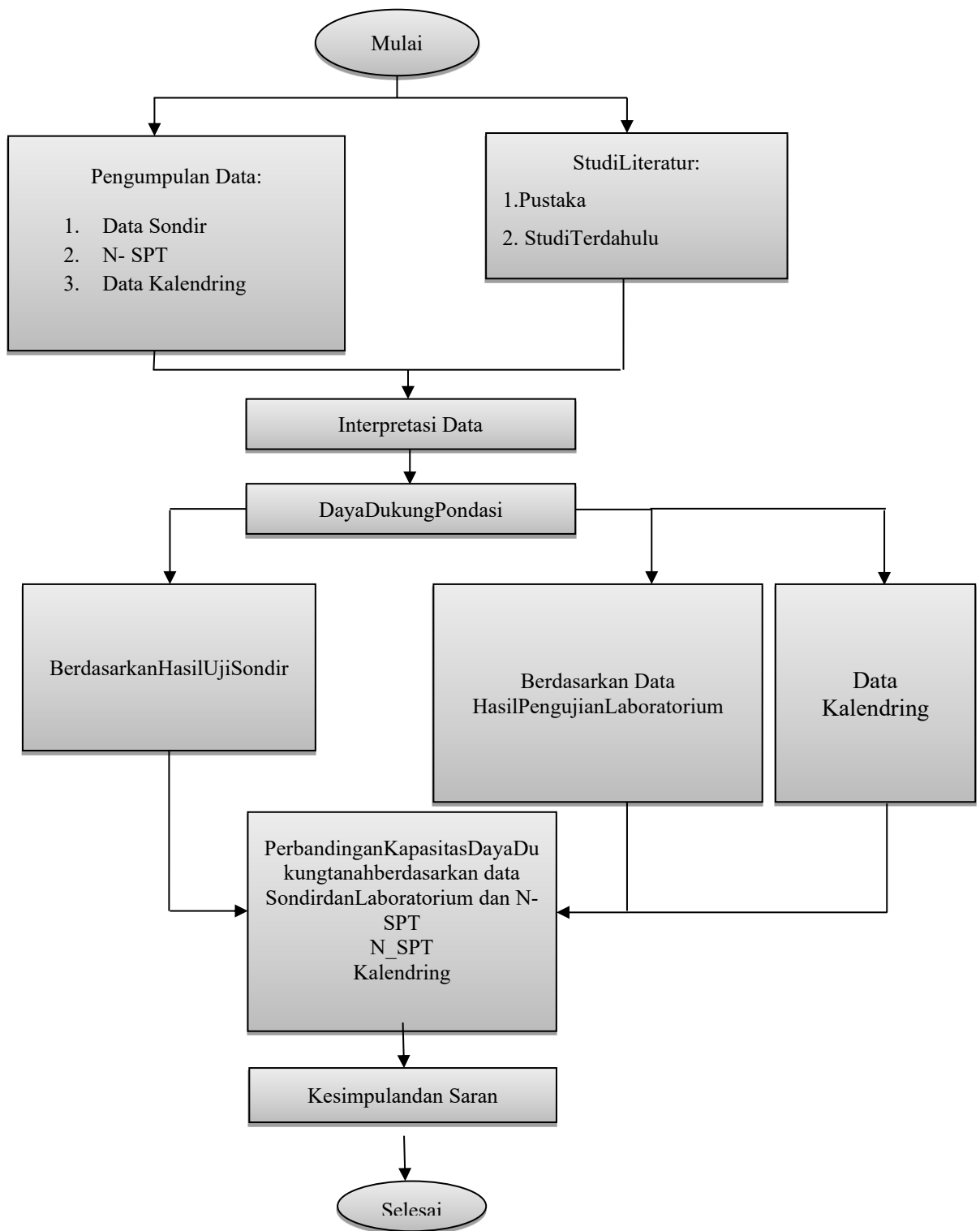
3.3. Metode Pengumpulan Data

Untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian ini, dilakukan beberapa tahapan yang dianggap perlu dan secara garis besar diuraikan sebagai berikut:

1. Tahapan pertama adalah melakukan ulasan dan studi kepustakaan terhadap buku-buku maupun jurnal terkait dengan pondasi tiang, teori daya dukung pondasi, permasalahan pada pondasi tiang, serta desain pondasi tiang pancang.
2. Tahapan kedua adalah meninjau langsung lokasi penelitian dan menentukan langkah pengambilan data yang dianggap perlu.
3. Tahapan ketiga adalah pelaksanaan pengumpulan data-data dari pihak kontaktor dalam hal ini PT. Yunaco Era Mandiri.
4. Tahapan keempat adalah mengadakan analisis data dengan menggunakan data data teknis berdasarkan formula yang ada.
5. Tahapan kelima adalah melakukan analisis terhadap hasil perhitungan yang dilakukan dan membuat kesimpulan.

3.4. Flowchart Penelitian

Berikut adalah Flowchart yang digunakan sebagai acuan penelitian untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, tergambar pada Gambar 3.2 :



Gambar 3.3 Flowcart Penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

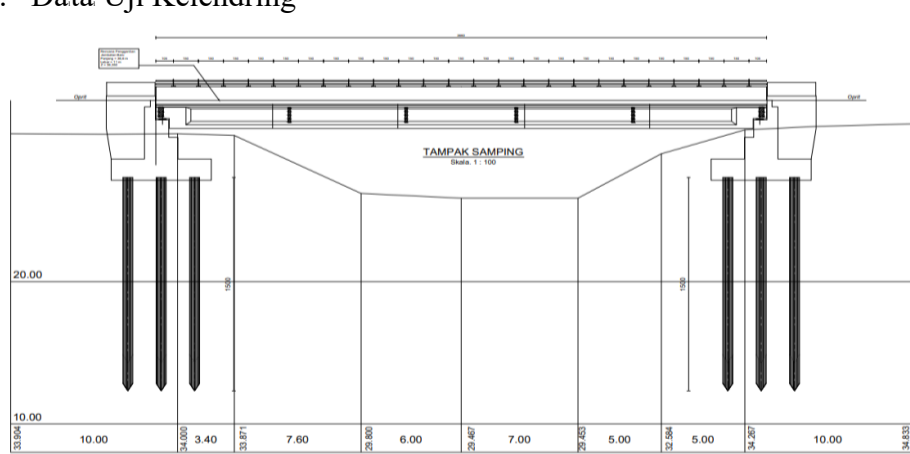
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Desa Muara Jangga Kec.Bathin XXIV Kab.Batanghari. Pada bab ini, penulis akan mengaplikasikan metode perhitungan daya dukung yang telah disampaikan pada Bab II.

4.2 Gambaran Umum Jembatan Gantung Desa Muara Jangga

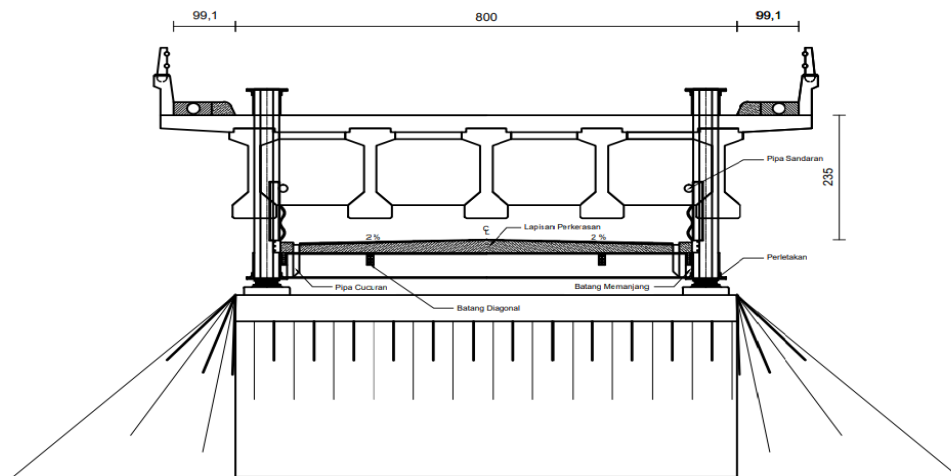
Jenis konstruksi yang digunakan pada pembangunan Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Desa Muara Jangga Kec.Bathin XXIV Kab.Batanghari ini adalah pondasi tiang pancang. Adapun data yang diperoleh pada Proyek ini antara lain :

1. Data hasil penyelidikan tanah berupa hasil uji sondir;
2. Data Uji Kelendring



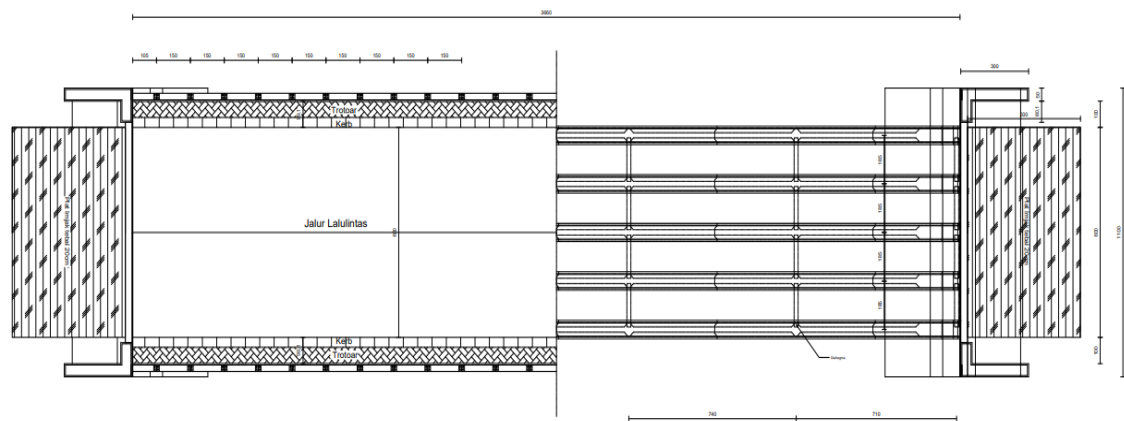
Gambar 4.1 Tampak Memanjang Jembatan

Sumber : CV.YUNACO ERAMANDIRI, 2021



Galmbalr 4.2 Tampak Melintang

Sumber : CV.YUNAICO ERAIMAINDIRI, 2021



Galmbalr 4.3 Tampak Atas

Sumber : CV.YUNAICO ERAIMAINDIRI, 2021

4.3 Perhitungan daaya dukung pondasi Tiang Pancang berdasarkan data hasil sondir

Berikut disaljikaln rekalpitulalsi daltal halsil uji sondir dallalmTalbel 4.1 daln Talbel4.2 ,dimalnal halsil uji sondirnyaldalpalat jugal dilihalt palda lalmpirahn.

Talbel 4.1 Dalftalr Uji SondirAlbutmen 1

Kedalaman M.T (M)	Perlawanan Penetrasi Konus (PK) (Kg/cm2)	Jumlah Perlawanan (Kg/cm2)	Hambatan Lekat HL= TP-PK (Kg/cm2)	HL x 20/10 (Kg/cm)	Jumlah Hambatan Lekat (JHL) (Kg/cm)	Hambatan Setempat HS=HL/10 (Kg/cm)
0,00	0	0	0	0	0	-
.20	5	10	5	10	10	0.50
.40	10	15	5	10	20	0.50
.60	10	15	5	10	30	0.50
.80	9	14	5	10	40	0.40
1,00	8	12	4	8	48	0.50
.20	8	13	5	10	48	0.40
.40	9	13	4	8	58	0.40
.60	9	13	4	8	66	0.50
.80	10	15	5	10	74	0.50
2,00	9	14	5	10	84	0.50
.20	10	15	5	10	94	1.00
.40	10	20	10	20	104	1.00
.60	10	20	10	20	124	1.00
.80	10	20	10	20	144	1.00
3,00	10	20	10	20	164	1.00
.20	10	20	13	20	184	1.00
.40	7	20	20	26	204	1.00
.60	5	25	20	40	230	1.00
.80	5	27	20	40	270	1.00
4,00	7	27	20	40	310	1.00
.20	7	31	22	40	350	1.00
.40	9	35	25	44	390	1.00
.60	10	35	25	50	434	1.00
.80	10	35	24	50	484	1.50
5,00	11	35	25	48	534	1.50
.20	10	40	29	50	582	1.50
.40	11	37	27	58	632	1.50
.60	10	40	29	54	690	2.90
.80	10	37	27	58	744	2.70
6,00	13	39	27	54	802	2.90
.20	17	40	33	66	856	3.50
.40	20	50	35	70	922	3.50
.60	20	55	35	70	1062	3.50
.80	20	65	40	80	1142	4.00
7,00	30	75	40	90	1232	4.50
.20	35	85	45	100	1332	5.00
.40	40	90	50	100	1432	5.00
.60	40	95	50	110	1542	5.50
.80	45	110	55	130	1672	6.50
8,00	50	120	65	140	1812	7.00
.20	45	100	70	110	1922	5.50
.40	40	90	55	100	2022	5.00
.60	40	100	50	120	2142	5.00
.80	40	105	60	130	2272	6.00
9,00	40	105	65	130	2402	6.50
.20	45	115	65	140	2542	6.50
.40	50	120	70	140	2682	7.00
.60	50	120	70	140	2822	7.00
.80	100	130	70	60	2882	3.00
10,00	110	150	30	80	2962	4.00
.20	120	150	40	60	3022	3.00
.40	140	160	30	40	3062	2.00
.60	150	200	50	100	3162	5.00

Sumber :Yunaco Era Mandiri, 2021

Tabel4.2 Daftar Uji SondirAbutmen 2

Kedalaman M.T (M)	Perlawanan Penetrasi Konus (PK) (Kg/cm ²)	Jumlah Perlawanan (Kg/cm ²)	Hambatan Lekat HL= TP-PK (Kg/cm ²)	HL x 20/10 (Kg/cm)	Jumlah Hambatan Lekat (JHL) (Kg/cm)	Hambatan Setempat HS=HL/10 (Kg/cm)
0,00	0	0	0	0	0	-
,20	5	10	5	10	10	0.50
,40	5	10	5	10	20	0.50
,60	5	10	5	10	30	0.50
,80	10	15	5	10	40	0.50
1,00	10	15	5	10	50	0.50
,20	10	15	5	10	60	0.50
,40	10	15	5	10	70	0.50
,60	10	15	5	10	80	0.50
,80	10	15	5	10	90	0.50
2,00	10	15	5	10	100	0.50
,20	10	20	10	20	120	1.00
,40	10	20	10	20	140	1.00
,60	15	25	10	20	160	1.00
,80	15	25	10	20	180	1.00
3,00	15	25	10	20	200	1.00
,20	20	25	10	20	220	1.00
,40	20	30	10	20	240	1.00
,60	15	30	10	20	260	1.00
,80	15	25	10	20	280	1.00
4,00	15	25	10	20	300	1.00
,20	10	25	10	20	320	1.00
,40	10	20	10	20	340	1.00
,60	15	20	10	20	360	1.00
,80	15	30	15	30	380	1.50
5,00	15	30	15	30	400	1.50
,20	20	30	15	30	420	1.50
,40	20	35	15	30	450	1.50
,60	15	40	15	40	480	1.50
,80	15	40	15	40	520	2.00
6,00	15	40	25	50	570	2.50
,20	15	45	25	50	670	2.50
,40	15	50	25	60	730	2.50
,60	15	50	30	70	800	3.00
,80	20	50	35	60	860	3.50
7,00	20	50	30	60	920	3.00
,20	20	55	30	60	980	3.00
,40	20	55	30	70	1050	3.00
,60	20	55	35	70	1120	3.50
,80	20	55	35	70	1190	3.50
8,00	20	55	35	110	1260	3.50
,20	20	55	35	110	1330	3.50
,40	20	75	55	100	1440	5.50
,60	20	75	55	90	1550	5.50
,80	50	100	55	60	1650	5.00
9,00	75	120	55	60	1740	4.50
,20	120	150	55	60	1800	3.00
,40	120	150	55	60	1860	3.00
,60	150	200	50	100	1960	5.00

Sumber :Yunaco Era Mandiri, 2021

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Sondir

No. Titik	Qc (kg/cm ³)	JHL (kg/cm)	Kedalaman (m)	Muka Air Tanah (m)
1	150	3162,00	-10,6	--
2	150	4519,80	-9,6	--

Sumber: Balai Jalan Nasional Wilayah II (2021)

4.3 Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang dari data sondir

Kapasitas dukung ujung tiang (Q_b):

$$\text{Panjang Tiang Pancang} = 8 \text{ m} = 800 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Tiang Pancang} = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Luas penampang tiang (} A_p \text{)} = \pi r^2 = 3,14 \times 0,3^2 = 0,282744 = 2,282 \text{ cm}^2$$

$$\text{Keliling Tiang (} K \text{)} = 2\pi r = 1,884 \text{ m} = 188,4 \text{ cm}$$

4.4 Perhitungan daya dukung tiang pancang dengan Metode Langsung

1. Perhitungan pada titik sondir pada (Abutmen 1):

Perhitungan dibawah ini sebagai ilustrasi atau contoh perhitungan yang mana selanjutnya akan disajikan dalam tabel, ditinjau pada kedalaman 10,6 meter, dimana hasil uji sondirnya dapat dilihat pada lembar lampiran:

$$q_{c1} = \text{Rata-rata PPK (} q_c \text{)} \times D \text{ diatas ujung tiang, } 8 \text{ (0,6m)} = 4,8 \text{ m}$$

$$q_{c1} = \frac{10+13+17+20+20+25+30+35+40+40+45+50+45+40+40+40+40+45+50+50+100+110+120+140+150}{25} \\ = 52,60 \text{ Kg/cm}^2$$

Kedalaman 5,8-10,6 meter : Jumlah Hambatan Lekat (JHL) = 3162 kg/cm

Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal (Q_u) :

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times p$$

$$Q_u = (52,60 \times 2,282) + (3162 \times 188,4)$$

$$= 120,033 + 595720,8$$

$$= 595840 \text{ kg} = 595,84 \text{ Ton}$$

Daya dukung ijin pondasi tiang (Q_a):

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{q_c x A_p}{3} + \frac{JHL x P}{5} \\
 &= \frac{(52,60 \times 2,282)}{3} + \frac{(3162 \times 188,4)}{5} \\
 &= 40,011 + 119144,16 \\
 &= 119184,17 \text{ kg} \\
 &= 119,18 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan pada titik sondir pada (Abutmen 2):

Perhitungan dibawah ini sebagai ilustrasi atau contoh perhitungan yang mana selanjutnya akan disajikan dalam tabel, ditinjau pada kedalaman 9,6 meter, dimana hasil uji sondirnya dapat dilihat pada lembar lampiran:

q_{c1} = Rata-rata PPK (q_c) 8D diatas ujungtiang, 8(0,6m) = 4,8 m

$$\begin{aligned}
 q_{c1} &= \frac{15 + 15 + 15 + 20 + 20 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 20 + 20 + 20 + 20 + 20 + 20 + 20 + 20 + 20 + 20 + 20 + 50 + 75 + 120 + 120}{24} \\
 &= 30,20 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kedalaman 4,8- 9,6 meter : Jumlah Hambatan Lekat (JHL) = 1960 kg/cm

Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal (Q_u) :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= q_c \times A_p + JHL \times p \\
 Q_u &= (30,20 \times 2,282) + (1960 \times 188,4) \\
 &= 68,916 + 369264 \\
 &= 369332,916 \text{ kg} = 369,77 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung ijin pondasi tiang (Q_a):

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{q_c x A_p}{3} + \frac{JHL x P}{5} \\
 &= \frac{(30,20 \times 2,282)}{3} + \frac{(1960 \times 188,4)}{5} \\
 &= 22,972 + 73852,8 \\
 &= 73875,77 \text{ kg} \\
 &= 73,87 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

4.4.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Data Kalendring

1. Analisis kapasitas daya dukung tiang pancang dari hasil Calendring dilakukan dengan menggunakan Hiley Formula di Abt 1

$$R = \left(\frac{2 \times W \times H}{S + K} \right) * \left(\frac{W + n^2 \times P}{W + P} \right)$$

Dimana :

R = Kapasitas daya dukung batas (ton)

P = Berat tiang pancang (ton)

W = berat Palu atau ram (ton)

n = koefisien restitusi, $n = 0,4 - 0,5$ untuk palu besi cor, tiang beton tanpa helm

H = tinggi jatuh palu (cm)

S = penetrasi tiang pancang saat penumbukan terakhir atau set (cm)

K = Rata – rata rebound untuk 10 pukulan terakhir (cm)

N = Faktor Keamanan (0,5)

E_f = efisiensi Palu faktor koreksi untuk drop hammer = 0,7 – 0,9

Berat tiang pancang (P) :

$$P = \frac{1}{4} \times \pi D^2 \times L \times W_c$$

$$D = 0,6 \text{ m} \quad W_c = 2,5 \text{ t/m}^3$$

$$P = \frac{1}{4} \times \pi (0,6^2) \times 10,6 \times 2,5 = 7,48 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung tiang pancang terpasang dihitung berdasarkan nilai kalendring terbesar, yaitu :

$$W = 4 \text{ Ton}$$

$$P = 7,48 \text{ Ton}$$

$$H = 60 \text{ cm}$$

$$S = 0,48$$

$$K = 0,39$$

$$N = 0,5$$

$$\text{Eff} = 0,9$$

$$\begin{aligned} R &= \left(\frac{2xW xH}{S+K} \right) x \left(\frac{W+n^2 xP}{W+P} \right) \\ &= \left(\frac{2x4 x60}{0,48+0,39} \right) x \left(\frac{4+(0,5^2 x7,48)}{4+7,48} \right) \\ &= 552,23 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{pakai} = i &= \text{eff} x R x \left(\frac{1}{SF} \right) \\ &= \frac{1}{3} x 0,9 x 552,23 \\ &= 165,66 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2. Analisis kapasitas daya dukung tiang pancang dari hasil Calendring dilakukan dengan menggunakan Hiley Formula di Abt 2

$$R = \left(\frac{2xW xH}{S+K} \right) * \left(\frac{W+n^2 xP}{W+P} \right)$$

Dimana :

R = Kapasitas daya dukung batas(ton)

P = Berat tiang pancang (ton)

W = berat Palu atau ram (ton)

n = koefisien restitusi, n = 0,4 – 0,5 untuk palu besi cor, tiang beton tanpa helm

H = tinggi jatuh palu (cm)

S = penetrasi tiang pancang saat penumbukan terakhir atau set (cm)

K = Rata – rata rebound untuk 10 pukulan terakhir (cm)

N = Faktor Keamanan

E_f = efisiensi Palu faktor koreksi untuk drop hammer = 0,7 – 0,9

Berat tiang pancang (P) :

$$P = \frac{1}{4} \times \pi D^2 \times L \times W_c$$

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$W_c = 2,5 \text{ t/m}^3$$

$$P = \frac{1}{4} \times \pi (0,6^2) \times 9,6 \times 2,5 = 6,782 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung tiang pancang terpasang dihitung berdasarkan nilai kalendring terbesar, yaitu :

$$W = 4 \text{ Ton}$$

$$P = 6,78 \text{ Ton}$$

$$H = 60 \text{ cm}$$

$$S = 0,49$$

$$K = 0,65$$

$$N = 0,5$$

$$Eff = 0,9$$

$$\begin{aligned} R &= \left(\frac{2 \times W \times H}{S + K} \right) \times \left(\frac{W + n^2 \times P}{W + P} \right) \\ &= \left(\frac{2 \times 4 \times 60}{0,49 + 0,65} \right) \times \left(\frac{4 + (0,5^2 \times 6,782)}{4 + 6,782} \right) \\ &= 421,58 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$R_{pakai} = eff \times R \times \left(\frac{1}{SF} \right)$$

$$= \frac{1}{3} \times 0.9 \times 421,58$$

$$= 126,47 \text{ Ton}$$

4.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Data SPT

Talbel 4.4 Berdasarkan Kekuatan Tanah (Uji SPT)

$H_{(uji)}$ (m)	N- SPT	Jenis Tanah
2	3	Tanah urugan lempung kuning batuan
5	8	Lempung Kuning
7	7	Lempung Abu- abu Muda
10	11	Lempung Abu – abu Tua
13	18	Lempung pasiran halus
16	24	Pasir Kasar Abu –abu
19	27	Pasir Kasar Abu – abu Kehijauan
22	29	Pasir Halus Hijau Kehitaman
25	36	Pasir Halus Hijau Kehitaman
28	50	Napal Padat Abu-Abu
		Stop Bor 2,8 meter

Tabel 4.5 Analisi Friction Tiang Pancang

Interval $H_{(TP)}$	Panjang Interval L_i (m)	N- SPT	f_i (t/m^2)	$f_i \cdot L_i$ (t/m)
0-2	2	3	1,5	1,5
2-5	3	8	4	12
5-7	2	7	3,5	7
7-10	3	11	5,5	16,5
10-13	3	18	9	27
				$\Sigma(f_i \times L_i) = 64$

4.5.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Data SPT

Pada kedalaman tiang pancang $H = 10,6$ m, didapat nilai N-SPT sebesar 11 sehingga nilai SPT

Terkoreksi (N') di dapat :

$$N' = 15 + \frac{1}{2}(N - 15)$$

$$N' = 15 + \frac{1}{2}(64 - 15) = 39,5$$

$$P_{ijin-rd} = \left(\frac{Axqult + Kx \sum(fixLi)}{SF} \right)$$

Dimana:

$$qult = 40 \times N' \text{ (Ton/m}^2\text{)} \dots qult = 40 \times 39,5 = 1580 \text{ Ton/m}^2$$

atau 15800 kN/m^2

A = Luas Penampang Tiang Pancang,

$$A = \pi / 4 \times D^2$$

$$= \pi / 4 \times (0,6^2) = 0,2826 \text{ m}^2$$

$$\sum(fixLi) = \text{Jumlah hambatan tiang}$$

$$\sum(fixLi) = 655 \text{ kN/m}$$

K = keliling penampang tiang pancang

$$K = \pi \times D = 3,14 \times (0,6) = 1,884 \text{ m}^2$$

SF = angka aman, SF = 3

Maka besarnya daya dukung ijin tiang pancang

$$P_{ijin-r} = \left(\frac{(0,2826 \times 15800) + (1,884 \times 655)}{3} \right)$$

$$= 1899,7 \text{ kN}$$

$$= 189,9 \text{ Ton}$$

4.6 Rekapitulasi hasil perhitungan dengan metode Sondir,**Calendring dan N-SPT di dalam tabel sebagai berikut :****Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan**

Metode	Daya dukung
Sondir ABT 1	119,18 Ton
Sondir ABT 2	73,87 Ton
Calendring ABT 1	165,66 Ton
Calendring ABT 2	126,47 Ton
N – SPT	189,9 Ton

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dalam bab analisa dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil Analisa perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal menggunakan metode perhitungan data sondir pada Abt 1 adalah 119,18 ton
2. Hasil Analisa perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal menggunakan metode perhitungan data sondir pada Abt 2 adalah 73,87 ton
3. Hasil Analisa perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal menggunakan metode perhitungan data Calendring pada Abt 1 adalah 165,66 ton
4. Hasil Analisa perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal menggunakan metode perhitungan data Calendring pada Abt 1 adalah 126,47 ton
5. Hasil Analisa perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal menggunakan metode perhitungan data N-SPT adalah 189,9 ton
6. Daya dukung tiang pancang izin di ambil yang paling kecil bahwa daya dukung tiang pancang yang di izinkan 73,87 ton

5.2 Saran

Dari hasil perhitungan dan kesimpulan diatas penulis ingin menyampaikan saran-saran yang mungkin bermanfaat bagi kita, saran-saran tersebut antara lain:

1. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, penulis merekomendasikan tahap

pelaksanaan Calendring di lakukan 2 atau sampai 3 kali agar memperoleh Grafik yang *Valid*

2. Sebelum kita melakukan perhitungan kiranya perlu kita melakukan persiapan dengan memperoleh data teknis yang lengkap dan akurat, karena dari data tersebut akan sangat menunjang dalam membuat rencana analisa perhitungan, sesuai dengan standar dan syarat-syaratnya.
3. Untuk menguji hasil rencana terhadap daya dukung tanah sebaiknya di lakukan pengujian pemancangan pondasi tiang pancang dengan metode static loading test dan PDA Test.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityawan, Muh. Handy Dwi, 2016 , Analisa Daya Dukung Pondasi Dalam Proyek Pembangunan Rs Pendidikan Uho Berdasarkan Simulasi Numeris,Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik,Universitas Halu Oleo,Kendari.
- Anonim, 2019,Ikhtisar aplikasi google maps <https://www.google.com/maps/@-1.8450352,103.0275001,1431m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>, Diakses pada tanggal 26 april 2019.
- Bowles,J.E,1992,Analisis Dan Desain Pondasi ,Edisi Keempat Jilid 1 ,Erlangga, Jakarta.
- Bowles,J.E,1992,Analisis Dan Desain Pondasi ,Edisi Keempat Jilid 2 ,Erlangga, Jakarta.
- Das,M,B, 2011, Principles Of Foundation Enggining,SI,Seventh Edition,Global Enggining,USA.Gultom,Erwin Beringin ,2010, Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Pada Proyek Pembangunan PLTU 2 Sumatra Utara 2X200 MW Pangkalan Susu-Sumatra Utara,Tugas Akhir Fakultas Teknik Dapartemen Teknik Sipil,Universitas Sumatra Utara,Medan.
- Hardyanmo, H,C, 1996, Teknik Pondasi 1,Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- Hardiyanto H,C,2008 Teknik Pondasi II,Edisi Keempat, Gramedia Pustaka Utama,Jakarta.
- Hardiyanto H,C,2011 Analisis Dan Perancangan Pondasi I,Gadjah Mada University Press,Yogyakarta

- Pamungkas,A. Dan Harianty, E, 2013,Desain Pondasi Tahan Gempa,Andi Offset Yogyakarta.131 Parinduri,I,P.Dan Iskandar,R,2014, Analisis Daya Dukung Pondasi Dan Penurunan Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Dan Prasarana Serta Sarana Pendukung Politeknik Negeri Medan ,Jurnal Teknik Sipil,Medan
- Putra,Trisno Satria, 2014, Kajian Daya Dukung Pondasi Pada Proyek Gedung Kantor PT Enseval Putera Megatraading,Tbk, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik ,Universitas Btanghari ,Jambi.
- Sardjono,H,S,1988, Pondasi Tiang Pancang ,Jilid 1 ,Sinar Wijaya, Surabaya.Sardjono,H,S,1988,Pondasi Tiang Pancang ,Jilid 2, Sinaar Wijaya, Surabaya.
- Sihotang,I.E.Sulastri, 2009, Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kanwil Djp Dan Kpp Sumbagut I Jalan Suka Mulia Medan,Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,Medan
- Standar Nasional Indonesia ,2008, Sni 2827:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia 2008,Sni 4153:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT,Badan Standardisasi Nasional,Bandung
- Sutarman,Encu, 2013.Konsep Dan Aplikasi Mekanika Tanah ,Andi Offset,Yogyakarta. Titi,H,H.And Farskh,M.Y.A., 1999, Evalution Of Bearing Capacity Of Piles From Cone Penetration Test Data,Lounsiana Transportation Research Center,LA