

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu pekerjaan konstruksi tanah memiliki peranan yang sangat penting dalam Suatu bangunan. Tanah merupakan pondasi pendukung bangunan dan bahan konstruksi bangunan itu sendiri. Pondasi menyalurkan tegangan – tegangan yang terjadi pada beban struktur atas kedalam lapisan tanah yang keras yang dapat memikul beban konstruksi tersebut.

Pondasi ialah bagian dari suatu sistem struktur bangunan yang meneruskan beban pondasi dan berat struktur kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. Pondasi bangunan harus mampu menjamin kestabilan bangunan terhadap beban sendiri dan beban luar lainnya seperti terkena angin, gempa dan gangguan lain. Dari suatu pemancangan tiang dengan hidraulik (Penekan bebas getaran) juga akan memberikan nilai interpretasi daya dukung secara langsung per kedalaman.

Daya dukung tiang adalah faktor terpenting dalam perencanaan pondasi tiang. Dalam menentukan daya dukung sebuah pondasi tiang, hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah jarak antar tiang dan daya dukungnya, karena dalam suatu bangunan struktur akan memiliki keterbatasan dalam luas lahan sedangkan jarak tiang yang berdekatan menimbulkan interaksi terhadap kapasitasnya. Daya dukung tiang terhadap beban lateral juga hal yang menentukan dalam pondasi, terutama pada daerah dimana terdapat tanah lunak dipermukaannya atau pada pondasi tiang yang memikul beban diatas permukaan tanah contohnya Pantai, Rawa-rawa dll.

Daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilakukan dengan beberapa yang harus dipertimbangkan dari evaluasi kelayakan terknis dengan perbandingan biaya alternatif faktor potensialnya dengan memperhitungkan faktor keamanan (*safety*), keandalan (*reability*), Kemudahan konstruksi (*constructability*), dan ketahanannya dalam tanah.

Perhitungan daya dukung pada pondasi tiang pancang dapat dilakukan dengan beberapa metode dan hasil yang berbeda ataupun memiliki persamaan. Hal ini sangat penting dilakukan karena dapat diterima sebagai dugaan dasar cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi dilapangan.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, perhitungan mengenai daya dukung tiang pancang dan penurunan pondasi tiang pancang secara analitis menggunakan data SPT, Sondir, PDR dan Monitoring pemancangan kemudian dibandingkan dengan perhitungan menggunakan metode Elemen Empiris sebagai acuan dalam perhitungan daya dukung tanah pondasi tersebut.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.1.1 Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan oleh penulis adalah :

1. Menghitung nilai kapasitas daya dukung ultimit axial tiang pancang 25 x 25 cm dengan data CPT dan SPT (*Standart penetration test*), pada proyek pembangunan Kantor Induk Pemerintahan Kabupaten Tapanuli Tengah.
2. Melakukan evaluasi daya dukung aksial tiang pancang dari hasil perhitungan di atas dengan menggunakan PDR (*Pile Driving Record*).
3. Menentukan korelasi daya dukung tiang pancang berdasarkan perhitungan data Sondir, SPT dan PDR.

1.2.2 Manfaat

Beberapa manfaat yang dapat diharapkan dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Memberikan wawasan mengenai perencanaan daya dukung pondasi dan sebagai pembanding jika akan melakukan suatu pekerjaan yang sama.
2. Referensi bagi pihak-pihak yang membutuhkan dan mempelajari hal yang perlu dibahas dalam laporan ini.

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

2. Lokasi penelitian terletak pada proyek pembangunan Kantor Induk Kabupaten Tapanuli Tengah dan dengan menggunakan Jacked Pile dengan ukuran 25×25 .
3. Analisis tiang didasarkan pada data SPT (*Standart Penetration Test*), Sondir, PDR (Pile driving Record) dan Monitoring Pemancangan.
4. Penelitian menganalisis hitungan daya dukung tiang pancang dilakukan dengan menggunakan metode Empiris dan memperhatikan efisiensi tiang pancang.
5. Tidak menghitung besarnya beban yang bekerja pada bagian struktur atas.
6. Koefisien nilai-nilai yang digunakan dari hasil monitoring data lapangan diperoleh dari pelaksana pekerjaan.

1.4 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini secara keseluruhan disusun menjadi 5 (Lima) bab dengan metode penulisan. Uraian masing – masing bab sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, tujuan dan manfaat penelitian, Pembatasan masalah, Metode penelitian, Waktu pelaksanaan (*Time schedule*), rencana anggaran biaya dan daftar pustaka.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini menjabarkan tentang dasar teori, rumus, serta hal – hal yang dijadikan untuk mendukung studi yang dilakukan penulis dalam penelitian ini.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini menjabarkan tentang metode yang dilakukan dalam analisa berupa tahapan pelaksanaan dari pencarian data, termasuk

pengumpulan data yang diperoleh dari berbagai sumber referensi yang penulis dapatkan

Bab IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang penjabaran perhitungan daya dukung tiang pancang baik secara analisis dengan metode Empiris dan hasil kemudian dibandingkan .

Bab V Kesimpulan dan saran

Bab ini memaparkan tentang kesimpulan yang diperoleh dari bab sebelumnya dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan sebagai masukan.

1.5 Time Schedule

Tabel 1. 1 Time Schedule

No	Uraian Pekerjaan	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pengajuan Judul TA dan Pembekalan serta Bimbingan Judul TA								
2	Pengerjaan untuk Proposal TA								
3	Seminar Proposal								
4	Pengerjaan dan Asistensi TA								
5	Seminar Hasil								
6	Revisi Seminar Hasil								
7	Penyelesaian Laporan Akhir								

1.6 Anggaran Biaya Tugas Akhir

No.	Uraian Kegiatan	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Keseluruhan
1	Mengumpulkan Bahan-bahan Referensi	4	Bh	70.000	280.000
2	Wifi dan Internet	3	Bh	100.000	400.000
3	Pengumpulan Data dari Lokasi Proyek	4	Ls	75.000	300.000
4	Pengerjaan Laporan Proposal	5	Ls	10.000	50.000
5	Seminar Proposal	-	-	500.000	500.000
6	Seminar isi	-	-	500.000	500.000
7	Meja Hijau	-	-	1.500.000	1.500.000
	TOTAL				Rp. 4.030.000

Tabel 1. 2 Anggaran Biaya Tugas Akhir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum.

Tiang pancang adalah bagian dari suatu konstruksi yang dibuat dari kayu, baja ataupun beton yang dipakai untuk meneruskan beban – beban dari struktur bangunan atas ke lapisan tanah bawah. Bangunan Konstruksi yang telah direncanakan baik itu pada gedung, jalan dan jembatan pada dasarnya akan dipikul oleh daya dukung pondasi. Pondasi secara garis besar merupakan suatu bagian yang paling dasar dari sebuah konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai sistem rekayasa untuk meneruskan beban atas struktur dan beratnya akan diteruskan pada bagian bawah tanah keras.

Pondasi umumnya terdiri atas dua bagian yaitu Pondasi dangkal (Shallow Foundation) misalnya Pondasi telapak dan Pondasi dalam (Deep Foundation) misalnya pondasi tiang pancang. Dalam menentukan suatu perencanaan pondasi bangunan ada Beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Beban yang bekerja pada Pondasi harus lebih besar dari pada beban statik ataupun beban dinamiknya.
2. Penurunan pondasi tidak boleh melebihi dari penurunan yang diijinkan.

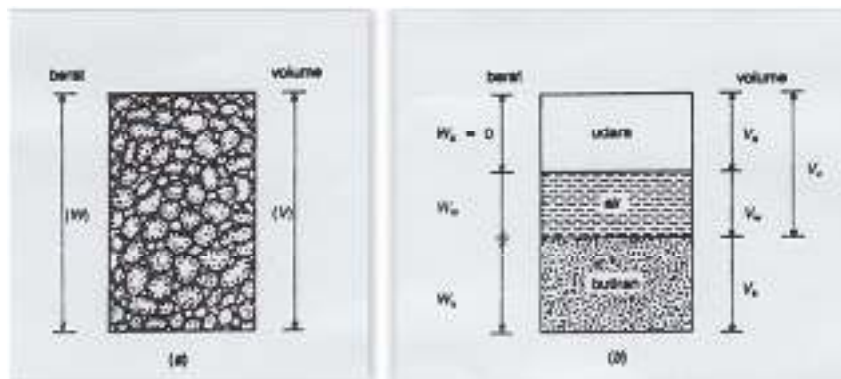
Suatu pondasi direncanakan akan tepat, apabila beban yang diteruskan oleh pondasi terhadap tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan dan Jika kekuatan tanah tersebut terlampaui kemampuan tanahnya maka terjadi penurunan yang berlebihan akan menyebabkan kegagalan ataupun kerusakan pada konstruksi yang berada diatas pondasi tersebut. Maka dari itu perlu adanya perencanaan yang baik

2.2 Tanah

Tanah pada dasarnya didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah terjadi pelapukan dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara maupun air.

Tanah sangat penting dalam suatu peranan pekerjaan konstruksi. Tanah merupakan dasar pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Mengingat semua bangunan yang dibuat di atas atau dibawah permukaan tanah, maka perlu adanya dibuatkannya pondasi agar dapat memikul beban suatu bangunan ataupun gaya yang bekerja pada bangunan tersebut. Maka dari itu suatu pondasi perlu adanya dilakukan penyelidikan tanah untuk mengetahui keadaan dan kondisi tanah agar struktur pondasi tersebut aman dan harus dapat dipastikan keadaan tanah tersebut mampu memikul, mendukung serta tidak mengakibatkan kerusakan tanah dan penurunan tanah yang berlebihan.

Tanah terdiri dari 3 komponen, yaitu udara, air dan bahan padat. Udara dianggap tidak terlalu berpengaruh dalam sifat-sifat teknis tanah sedangkan air sangat memiliki pengaruh penting dalam sifat-sifat teknis tanah. Dimana ruang antara butiran-butiran. Baik itu sebagian ataupun seluruhnya dapat terisi oleh air maupun udara. Komponen-komponen tanah tersebut dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase seperti berikut :



Gambar 2. 1 Diagram Fase Tanah (Sumber : Das, Braja M. 1995)

Tanah dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), Pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Klasifikasi pembagian butiran tanah adalah sebagai berikut : (Bowles,1997)

- a) Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).

- b) Kerikil adalah Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm atau partikel-partikel batuan yang lolos saringan 3 in (75 mm) dan tertahan dalam saringan no.4 (4,75mm).
- c) Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d) Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Untuk klasifikasi, lanau adalah tanah berbutir halus, atau fraksi halus tanah dengan indeks plastisitas kurang dari 4. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e) Lempung (*clay*), partikel mineral berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f) Koloid (*colloids*), partikel mineral berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.2.1 Parameter Tanah

1. *Modulus Young* (E)

Karena sulitnya pengambilan contoh asli di lapangan untuk tanah granuler maka beberapa pengujian lapangan (*in-situ-test*) telah dikerjakan untuk mengestimasi nilai modulus elastisitas tanah. Terdapat beberapa usulan nilai E yang diberikan oleh peneliti, diantaranya pengujian sondir yang dilakukan oleh De Beer (1965) dan Webb (1970) memberikan korelasi antara tahanan kerucut q_c dan E sebagai berikut :

$$E = 2 \times q_c \text{ (dalam satuan kg/cm}^2\text{)} \quad (2.1)$$

Bowles memberikan persamaan yang dihasilkan dari pengumpulan data sondir, sebagai berikut :

$$E = 3 \times q_c \text{ (untuk pasir)} \quad (2.2)$$

$$E = 2 \times \text{sampai dengan } 8 \cdot q_c \text{ (untuk lempung)} \quad (2.3)$$

dengan q_c dalam kg/cm^2

Nilai perkiraan modulus elastisitas dapat diperoleh dari pengujian SPT (*Standart Penetration Test*). Nilai modulus elastis yang dihubungkan dengan nilai SPT, sebagai berikut:

$$E = 6 (N + 5) \text{ k/ft}^2 \quad (\text{untuk pasir berlempung}) \quad (2.4)$$

$$E = 10 (N + 15) \text{ k/ft}^2 \quad (\text{untuk Pasir}) \quad (2.5)$$

Hasil hubungan yang diperoleh adalah modulus elastisitas undrained (E_s) sedangkan input yang dibutuhkan adalah modulus elastisitas efektif (E_s'). Dengan menggunakan rumusan yang menggabungkan kedua modulus elastisitas tersebut, maka diperoleh yaitu :

$$E_s^1 = \left(\frac{E_s (1+V)}{1.5} \right) \quad (2.6)$$

Sedangkan untuk keperluan praktis dapat dipakai :

$$E_s' = 0,8 \times E_s \quad (2.7)$$

Menurut Bowles, 1997, nilai modulus elastisitas tanah juga dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah perlapisan (Tabel 2.1).

Tabel 2. 1 Nilai perkiraan modulus elastisitas tanah (Hardiyatmo, 1994)

Macam tanah	E_s (Kg/cm ²)
Lempung	
1. Sangat Lunak	1.4 – 30
2. Lunak	20 – 40
3. Sedang	45 – 90
4. Berpasir	300-425
Pasir	
1. Berlanau	50 – 100
2. Tidak padat	100 – 250
3. Padat	500 -1000
Pasir dan Kerikil	
1. Padat	800 – 2000

2. Tidak padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loses	150 – 600
Cadas	1400 – 14000

Selain itu modulus elastisitas tanah dapat juga dicari dengan pendekatan terhadap jenis dan konsistensi tanah dengan N-SPT, seperti pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2. 2 Korelasi N-SPT dengan modulus elastisitas pada tanah lempung (Randolph, 1978)

<i>Subsurface condition</i>	<i>Penetration resistance range N (Bpf)</i>	ϵ_{50} (%)	<i>Poisson's ratio (V)</i>	<i>Shear strength Su (Psf)</i>	<i>Young's modulus range Es (Psi)</i>	<i>Shear modulus range G (Psi)</i>
<i>Very soft</i>	2	0,020	0,5	250	170-340	60-110
<i>Soft</i>	2-4	0,020	0,5	375	260-520	80-170
<i>Medium</i>	4-8	0,020	0,5	750	520-1040	170-340
<i>Stiff</i>	8-15	0,010	0,45	1500	1040-2080	340-690
<i>Verry stiff</i>	15-30	0,005	0,40	3000	2080-4160	690-1390
<i>Hard</i>	30	0,004	0,35	4000	2890-5780	960-1930
	40	0,004	0,35	5000	3470-6940	1150-2310
	60	0,0035	0,30	7000	4860-9720	1620-3420
	80	0,0035	0,30	9000	6250-12500	2080-4160
	100	0,003	0,25	11000	7640-15270	2540-5090
	120	0,003	0,25	13000	9020-18050	3010-6020

Tabel 2. 3 Korelasi N-SPT dengan modulus elastisitas pada tanah pasir (Schmertman,1970)

<i>Subsurface condition</i>	<i>Penetration resistance range (N)</i>	<i>Friction angle ϕ (o)</i>	<i>Poisson ratio (μ)</i>	<i>Cone penetration on $q_c=4N$</i>	<i>Relative density $D_r(\%)$</i>	<i>Young's modulus range E_s (psi)</i>	<i>Shear modulus range G (psi)</i>
<i>Very loose</i>	0-4	28	0,45	0-16	0-15	0-440	0-160
<i>Losse</i>	4-10	28-30	0,4	16-40	15-35	440-1100	160-390
<i>Medium</i>	10-30	30-36	0,35	40-120	35-65	1100-3300	390-1200
<i>Dense</i>	30-50	36-41	0,3	120-100	65-85	3300 -5500	1200-1990
<i>Very dense</i>	50-100	41-45	0,2	200-400	85-100	5500-11000	1990-3900

Poisson's Ratio (μ)

Rasio poisson sering dianggap sebesar 0,2 – 0,4 dalam pekerjaan-pekerjaan mekanika tanah. Nilai sebesar 0,5 biasanya dipakai untuk tanah jenuh dan nilai 0 sering dipakai untuk tanah kering dan tanah lainnya untuk kemudahan dalam perhitungan. In idisebabkan nilai dari rasio poisson sukar untuk diperoleh untuk tanah. Untuk nilai *poisson ratio* efektif (μ') diperoleh dari hubungan jenis tanah, konsistensi tanah dengan poisson ratio seperti terlihat pada (Tabel 2.4).

Tabel 2. 4 Hubungan jenis tanah, konsistensi dan Poisson's ratio (M) (Hardiyatmo, 1994)

<i>Soil type</i>	<i>Description</i>	<i>(μ')</i>
<i>Clay</i>	<i>Soft</i>	0,35 - 0,40
	<i>Medium</i>	0,30 - 0,35
	<i>Stiff</i>	0,20 - 0,30
<i>Sand</i>	<i>Loose</i>	0,15 – 0,25
	<i>Medium</i>	0,25 - 0,30
	<i>Dense</i>	0,25 - 0,35

- Berat Isi Tanah Kering (γ_{dry})

Berat jenis tanah kering adalah perbandingan antara berat tanah kering dengan satuan volume tanah. Berat jenis tanah kering dapat diperoleh dari data *Soil Test* dan *Direct Shear*.

- Berat Isi Tanah Jenuh (γ_{sat})

Berat jenis tanah jenuh adalah perbandingan antara berat tanah jenuh air dengan satuan volume tanah jenuh. Dimana ruang porinya terisi penuh oleh air. Nilai dari berat jenis tanah jenuh didapat dengan menggunakan rumus :

$$\gamma_{\text{sat}} = \left(\frac{G_s + e}{1 + e} \right) \gamma_w \quad (2.8)$$

Dimana :

G_s = *Specific gravity*

e = Angka pori

γ_w = Berat isi air (Kn/M³)

Nilai-nilai dari G_s , e dan γ_w didapat dari hasil pengujian tanah dengan *Triaxial Test* dan juga *Soil Test*.

- Sudut Geser Dalam (ϕ)

Sudut geser dalam bersama dengan kohesi merupakan faktor dari kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah. Deformasi dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Nilai dari sudut geser dalam didapat dari *engineering properties* tanah, yaitu dengan *triaxial test* dan *direct shear test*. Hubungan antara sudut geser dalam (ϕ) dengan nilai SPT setelah dikoreksi menurut *Peck, Hanson dan Thornburn, 1974* adalah :

$$\phi \text{ (derajat)} = 27,1 + 0,3 N_{\text{cor}} - 0,00054 N^2_{\text{cor}} \quad (2.9)$$

Dimana :

N_{cor} = Nilai N-SPT setelah dikoreksi

- Kohesi (c)

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser tanah, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah. Deformasi dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan geser. Nilai dari kohesi didapat dari *engineering properties*, yaitu dengan *triaxial test* dan *direct shear test*.

- Permeabilitas (k)

Koefisien rembesan (Permeability) pada tanah adalah kemampuan tanah untuk dapat mengalirkan atau merembeskan air (atau jenis fluida lainnya) melalui pori-pori tanah. Berdasarkan persamaan Kozeny-Carman nilai permeabilitas untuk setiap layer tanah dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$K = \frac{e^2}{1+e} \quad (2.10)$$

Untuk tanah yang berlapis-lapis harus dicari nilai permeabilitas untuk arah vertikal dan horizontal dapat dicari dengan rumus :

$$K_v = \left(\frac{H}{\left(\frac{H_1}{K_1}\right) + \left(\frac{H_2}{K_2}\right) + \dots + \left(\frac{H_n}{K_n}\right)} \right) \quad (2.11)$$

$$K_n = \frac{1}{H} (kH_1 + kH_2 + \dots + kH_n) \quad (2.12)$$

Dimana :

H = tebal lapisan (m)

e = Angka pori

k = Koefisien permeabilitas (cm/dtk)

k_v = Koefisien permeabilitas arah vertikal (cm/dtk)

k_h = Koefisien permeabilitas arah horizontal (cm/dtk)

Nilai koefisien permeabilitas tanah dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti pada Tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2. 5 Nilai koefisien permeabilitas tanah (Das, 1995)

Jenis Tanah	K	
	cm/dtk	ft/mnt
Kerikil Bersih	1.0 – 100	2.0 – 200
Pasir Kasar	1.0 - 0.01	2.0 - 0.02
Pasir Halus	0.01 - 0.001	0.02 - 0.002
Lanau	0.001 - 0.00001	0.002 - 0.00002
Lempung	< 0.000001	< 0.000002

2.3 Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Penyelidikan tanah merupakan suatu proses pengambilan contoh (*sample*) tanah yang bertujuan untuk menyelidiki karakteristik dari tanah tersebut. Dalam menentukan kualitas pondasi, perlu adanya dilakukan penyelidikan tanah untuk mengetahui sifat-sifat dari setiap lapisan tanah (baik itu berat isi tanah, daya dukung ataupun kepadatan tanah), dan juga ketinggian muka air tanah. Oleh sebab itulah pekerjaan awal yang harus dilakukan sebelum memutuskan untuk menggunakan jenis pondasi dangkal ataupun pondasi dalam alalah dengan melakukan *soil investigation*.

Adapun tujuan dari penyelidikan tanah sebagai berikut:

1. Menentukan sifat-sifat tanah yang terkait dengan perencanaan struktur yang akan dibangun di atasnya
2. Menentukan kapasitas daya dukung ultimit tanah menurut tipe pondasi yang dipilih
3. Menentukan tipe dan kedalaman pondasi
4. Untuk mengetahui posisi muka air tanah

5. Untuk memprediksi besarnya penurunan
6. Untuk menentukan besarnya tekanan tanah
7. Menyelidiki keamanan suatu struktur bila penyelidikan dilakukan pada bangunan yang telah ada sebelumnya
8. Pada proyek jalan raya dan irigasi, penyelidikan tanah berguna untuk menentukan letak-letak saluran, gorong-gorong, penentuan lokasi, dan macam bahan timbunan.

Penyelidikan tanah ada dua jenis, yaitu penyelidikan di lapangan (*in situ*) dan penyelidikan di laboratorium (*laboratory test*) yang digunakan dalam perencanaan pondasi. Penyelidikan tanah tersebut antara lain :

a) Penyelidikan lapangan (*in situ*).

Penyelidikan lapangan terdiri dari :

- *Standart Penetration Test (SPT)*
- *Cone Penetration Test (Sondir)*
- *Dynamic Cone Penetration Test (DCP)*
- *Hand Boring*

b) Penyelidikan laboratorium

Penyelidikan laboratorium terdiri dari :

- Uji *index properties*, seperti : *Water Content, Specific Gravity, Atterberg Limit, Shieve Analysis, Unit Weight*
- Uji *engineering properties*, seperti : *Direct Shear Test, Triaxial Test, Consolidation Test, Permeability Test, Compaction Test, dan CBR*

2.3.1 Penetrometer Statis (Static Penetrometer) atau Sondir

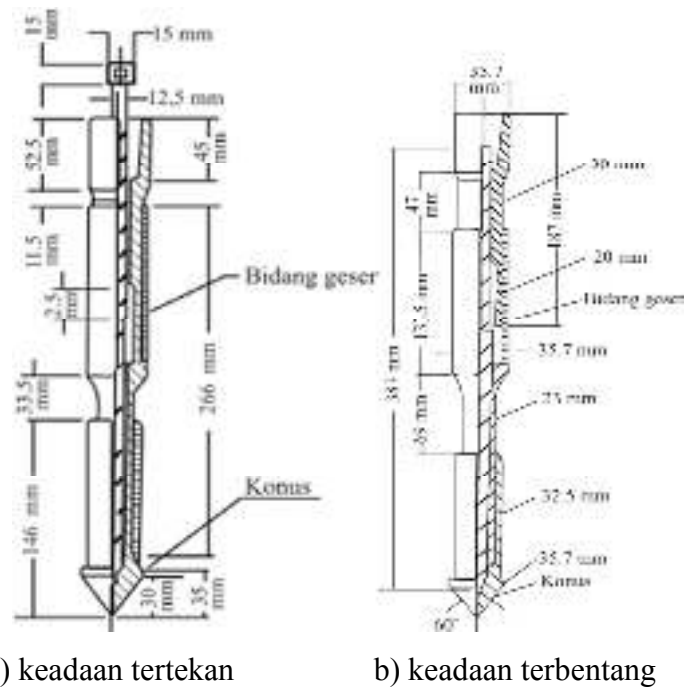
Pengujian CPT atau sering disebut dengan sondir adalah proses memasukkan suatu batang tusuk dengan ujung berbentuk kerucut bersudut 60° dan luasan ujung 1,54 inch² ke dalam tanah dengan kecepatan tetap 2 cm/detik. Dengan pembacaan manometer yang terdapat pada alat sondir tersebut, kita dapat mengukur besarnya kekuatan tanah pada kedalaman tertentu. Berdasarkan kapasitasnya, alat sondir dibagi menjadi dua jenis :

- Sondir ringan untuk spesifikasi 2 ton. Sondir ringan ini digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 150 kg/cm² atau penetrasi konus telah mencapai kedalaman 30 m.
- Sondir berat untuk spesifikasi 10 ton. Sondir berat ini digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 500 kg/cm² atau penetrasi konus telah mencapai kedalaman 50 m.

Ada dua tipe ujung konus pada sondir mekanis :

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

Pembacaan tahanan ujung konus dan hambatan lekatnya dilakukan pada 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 kg/cm² (untuk sondir ringan) sebanyak tiga kali berturut-turut. Konus sondir dalam keadaan tertekan dan terbentang dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



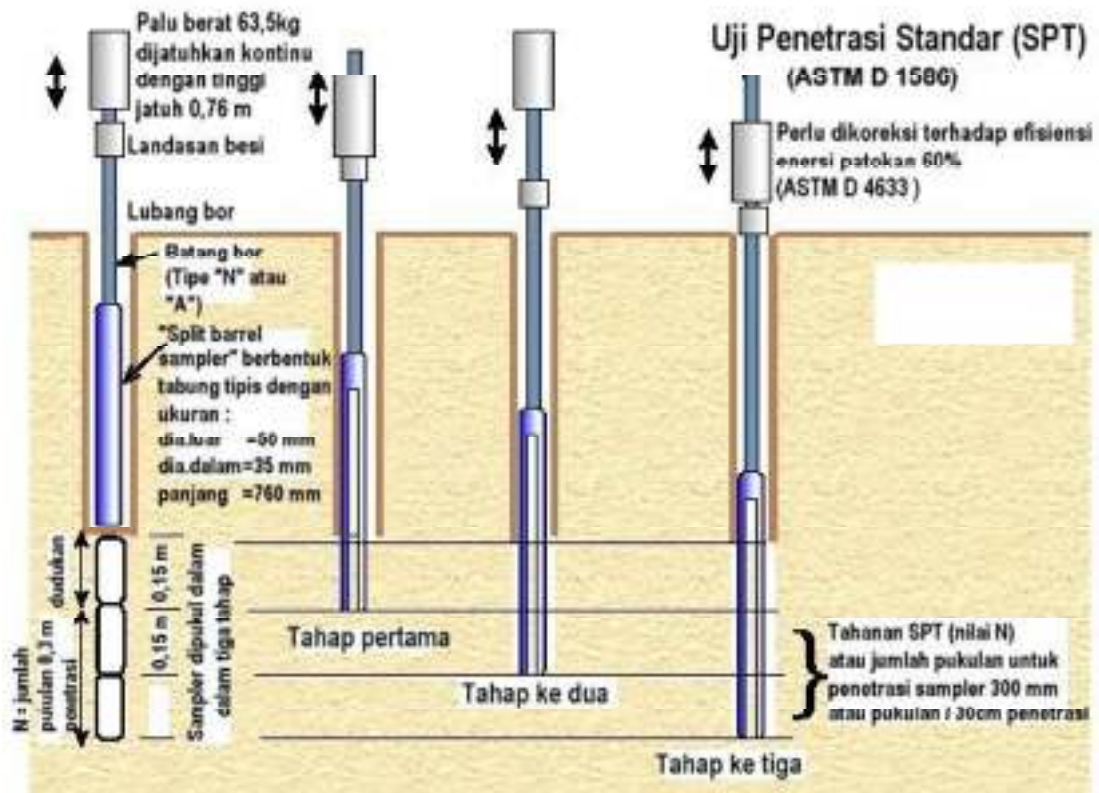
Gambar 2. 2 a) Konus sondir dalam keadaan tertekan dan b) terbentang
(sumber: Sosrodarsono & Nakazawa, 2005)

adatan relatif dan sudut geser lapisan tanah tersebut dari pengambilan contoh tanah dengan tabung, dapat diketahui jenis tanah dan ketebalan dari setiap lapisan tanah tersebut, untuk memperoleh data yang kumulatif pada perlawanan penetrasi tanah dan menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkohesi.

Selain itu test ini bertujuan untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh tanah dengan teknik penumbukan. Uji SPT ini merupakan percobaan dinamis yang dilakukan dalam suatu lubang bor dengan memasukkan tabung sampel yang berdiameter dalam 35 mm sedalam 305 mm dengan menggunakan massa pendorong (palu) seberat 63,5 kg yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm. Banyaknya pukulan palu tersebut untuk memasukkan tabung sampel sedalam 305 mm dinyatakan sebagai nilai N. Pelaksanaanya dilakukan dalam 3 tahap yang mana tahap pertama merupakan dudukan sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT dinyatakan dalam pukulan per 30 cm. Adapun proses uji penetrasi standar terlihat pada Gambar 2.3.

Prosedur pengujian *Standard Penetration Test* :

1. Lakukan pengujian pada setiap perubahan lapisan tanah atau pada interval sekitar 1,50 m sampai dengan 2,00 m atau sesuai keperluan
2. Tarik *hammer* dengan tinggi jatuh bebas *hammer* adalah 30 inci (75 cm). *Hammer* yang dipakai mempunyai berat 140 lbs (63,5 kg)
3. Lepaskan tali sehingga palu jatuh bebas menimpa penahan
4. Ulangi langkah 2 dan 3 berkali-kali sampai mencapai penetrasi 15 cm
5. Hitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi 15 cm yang pertama
6. Ulangi langkah 2, 3, 4, dan 5 sampai pada penetrasi 15 cm yang kedua dan ke-tiga
7. Catat jumlah pukulan N pada setiap penetrasi 15 cm. Jumlah pukulan yang dihitung adalah $N_2 + N_3$. Nilai N_1 tidak diperhitungkan karena masih kotor bekas pengeboran
8. Bila nilai N lebih besar dari pada 50 pukulan, hentikan pengujian dan tambah pengujian sampai minimum 6 meter.



Gambar 2. 3 Skema urutan uji penetrasi standar (SPT) (sumber : SNI 4153-2008)

Adapun keuntungan dari penggunaan tes ini adalah :

a. Keuntungan :

- Dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah secara visual.
- Dapat digunakan untuk mendapatkan parameter secara kualitatif melalui Tes ini dapat dilakukan dengan cepat dan operasinya relatif sederhana.
- korelasi empiris.
- Biaya yang digunakan relatif murah.
- Prosedur pengujian sederhana dapat dilakukan secara manual.
- Dapat digunakan pada sembarang jenis tanah dan batuan lunak.
- Pengujian Penetrasi Standar pada pasir, hasilnya dapat digunakan secara langsung untuk memprediksi kerapatan relatif dan kapasitas daya dukung ultimit tanah.

b. Kekurangan :

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

Harga N dari pasir yang diperoleh dari pengujian SPT dan hubungan antara kepadatan relatif dengan sudut geser dalam dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2. 6 Hubungan D , ϕ dan N dari pasir (Peck & Meyerhof, 1997)

Nilai N	Kepadatan relative $D_r = \frac{e_m - e}{e_m - e_m}$		Sudut geser dalam (ϕ)	
			Menurut Peck	Menurut Meyerhof
0 – 4	Sangat lepas	0,0-0,2	<28,5	<30
4 – 10	Lepas	0,2-0,4	28,5 - 30	30 – 35
10 – 30	Sedang	0,4-0,6	30 – 36	35 – 40
30 – 50	Padat	0,6-0,8	36 - 41	40 - 45
>50	Sangat padat	0,8-1,0	>41	>45

2.4 Pondasi

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 ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles, Joseph E. 1997).

Menurut Bowles (1997), sebuah pondasi harus mampu memenuhi beberapa persyaratan stabilitas dan deformasi, seperti :

- a. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi khusus untuk pondasi tapak dan pondasi rakit.
- b. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah.

- c. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat di dalam tanah.
- d. Metode pemasangan pondasi harus seekonomis mungkin.
- e. Pergerakan tanah keseluruhan (umumnya penurunan) dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir oleh elemen pondasi dan elemen bangunan atas.
- f. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan.

Pondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki kedalaman tidak lebih dari 3 meter dari permukaan tanah pada umumnya atau 1/3 dari lebar pondasi. Pondasi dangkal biasa digunakan atas faktor kondisi tanah yang baik seperti di atas tanah permukaan yang keras dan kaku serta digunakan untuk bangunan sederhana atau tidak memiliki beban yang terlalu berat. Adapun contoh-contoh pondasi dangkal adalah pondasi tapak, pondasi memanjang, pondasi tiku, dll

2. Pondasi dalam (*Deep Foundation*)

Pondasi dalam adalah pondasi yang direkayasa apabila tanah keras terdapat di kedalaman yang cukup dalam dan mengharuskan melakukan pengeboran untuk mencapainya. Pondasi dalam ini juga digunakan untuk konstruksi besar yang memikul beban yang berat seperti jembatan dan bangunan tinggi. Contoh pondasi dalam ini adalah pondasi tiang pancang, *bore pile*, dan pondasi sumuran .

2.4.1 Pondasi *Jacked Pile*

Jacked pile adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan baja, yang digunakan untuk mentransmisikan beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah.

Penggunaan pondasi *Jacked pile* 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, 1988). Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung ultimit yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman > 8 m (Bowles, 1991).

Pondasi *jacked pile* pada umumnya digunakan :

1. Untuk membawa beban-beban konstruksi di atas tanah, ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah. Di dalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlihat.
2. Untuk menahan gaya desakan ke atas, atau gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk kaki-kaki menara terhadap guling.
3. Sebagai faktor keamanan tambahan dibawah tumpuan jembatan dan *pile* (tiang), khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
4. *Jacked Pile* seringkali digunakan untuk mengontrol pergerakan tanah seperti longsoran.

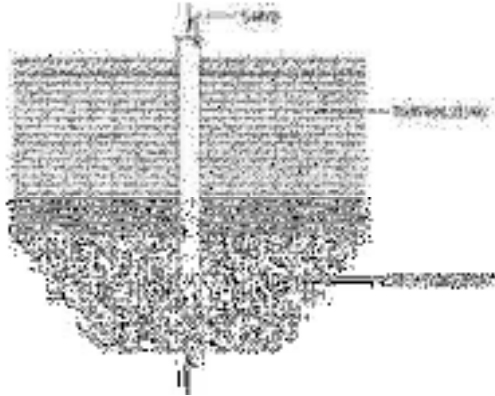
2.4.2 Pengelompokan Pondasi Tiang

Pemilihan pondasi *jacked pile* untuk berbagai jenis keadaan tergantung beberapa faktor, diantaranya tipe tanah dasar, alasan teknis pada waktu pemancangan, dan jenis bangunan yang dibangun. Terdapat berbagai jenis pondasi yang digolongkan berdasarkan material yang digunakan dan penyaluran beban yang diterima.

Pondasi *jacked pile* dapat digolongkan berdasarkan pemakaian bahan, cara penyaluran beban, cara pemasangannya, dan berdasarkan perpindahan tiang, berikut ini akan dijelaskan satu persatu.

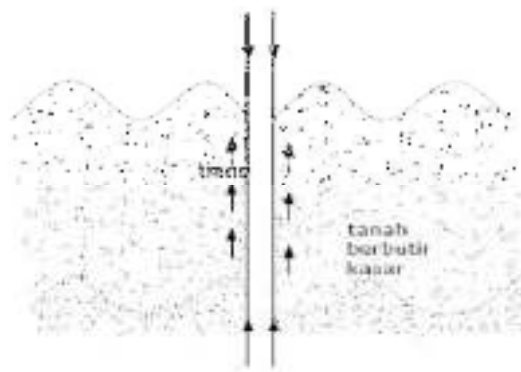
1. **Pondasi Tiang Berdasarkan Penyaluran Beban Kedalam Tanah**
Berikut ini akan dipelajari distribusi tekanan disekitar fondasi untuk ke dua tipe tiang, tiang dukung ujung dan tiang gesek (Chellis, 1961).

- Tiang Dukung Ujung (*End Bearing Pile*) Pada tiang dukung ujung (*end bearing pile*), beban struktur didukung sepenuhnya oleh lapisan tanah keras yang terletak pada dasar atau ujung bawah tiang. Pondasi tiang dengan tahanan ujung diilustrasikan pada Gambar 2.4 berikut ini :



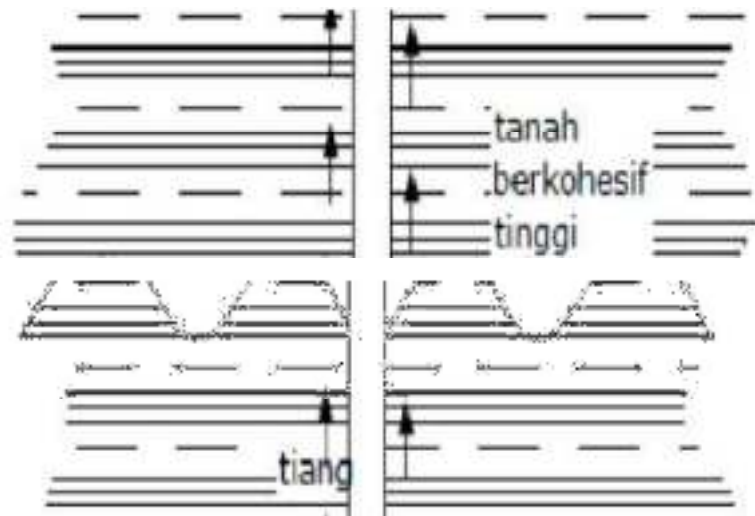
Gambar 2. 4 Pondasi tiang dengan tahanan ujung (sumber : Sardjono, 1998)

- Tiang Gesek (*Friction Pile*) Pada tiang gesek (*friction pile*), beban akan diteruskan ke tanah melalui gesekan antara tiang dengan tanah di 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. Pondasi tiang dengan tahanan gesek diilustrasikan pada Gambar 2.5 berikut ini :



- Tiang Tahanan Lekatan (*Adhesive Pile*) Bila tiang dipancangkan di dasar
- Gambar 2. 5 Pondasi tiang dengan tahanan gesek (sumber : Sardjono, 1998)

tanah pondasi yang memiliki nilai kohesi yang tinggi, maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan oleh lekatan antara tanah di sekitar dan permukaan tiang. Pondasi tiang dengan tahanan lekatan diilustrasikan pada Gambar 2.6 berikut ini :



Gambar 2. 6 Pondasi tiang dengan tahanan lekatan (sumber : Sardjono, 1988)

2. Pondasi *Jacked Pile* menurut pemasangannya

Pondasi *jacked pile* menurut pemasangannya dibagi menjadi dua yaitu *jacked pile* pracetak dan *jacked pile* yang dicor di tempat.

a. *Jacked Pile* pracetak

Jacked pile pracetak adalah *jacked pile* yang dicetak dan dicor di dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan. *Jacked pile* pracetak ini menurut cara pemasangannya terdiri dari :

- Cara Penumbukan

Dimana *jacked pile* tersebut dipancangkan ke dalam tanah dengan cara penumbukan oleh alat penumbuk (*hammer*).

- Cara penggetaran
Dimana *jacked pile* tersebut dipancangkan ke dalam tanah dengan cara penggetaran oleh alat penggetar (*vibrator*).
- Cara Penanaman
Dimana permukaan tanah dilubangi terlebih dahulu sampai kedalaman tertentu, lalu *jacked pile* dimasukkan, kemudian lubang tadi ditimbun lagi dengan tanah.
Cara penanaman ini ada beberapa metode yang digunakan, yaitu :
 - Cara pengeboran sebelumnya, yaitu dengan cara mengebor tanah sebelumnya lalu tiang dimasukkan kedalamnya dan ditimbun kembali.
 - Cara pengeboran inti, yaitu tiang ditanamkan dengan mengeluarkan tanah dari bagian dalam tiang.
 - Cara pemasangan dengan tekanan, yaitu tiang dipancangkan ke dalam tanah dengan memberikan tekanan pada tiang.
 - Cara pemancaran, yaitu tanah pondasi diganggu dengan semburan air yang luar dari ujung serta keliling tiang, sehingga tidak dapat dipancangkan kedalam tanah.
- b. Pondasi Tiang yang dicor ditempat (*Cast in Place Pile*)
Tiang yang dicor di tempat (*cast in place pile*) ini menurut teknik penggaliannya terdiri dari beberapa macam cara yaitu :
 - Cara penetrasi alas
Cara penetrasi alas yaitu pipa baja yang dipancangkan ke dalam tanah kemudian pipa baja tersebut dicor dengan beton.
 - Cara penggalian
Cara ini dapat dibagi lagi urut peralatan pendukung yang digunakan antara lain:
 - Penggalian dengan tenaga manusia
 - Penggalian lubang pondasi *jacked pile* dengan tenaga manusia adalah penggalian lubang pondasi yang masih sangat sederhana dan merupakan cara

konvensional. Hal ini dapat dilihat dengan cara pembuatan pondasi dalam, yang pada umumnya hanya mampu dilakukan pada kedalaman tertentu.

- Penggalian dengan tenaga mesin
- Penggalian lubang pondasi *jacked pile* dengan tenaga mesin adalah penggalian lubang pondasi dengan bantuan tenaga mesin, yang memiliki kemampuan lebih baik dan lebih canggih.

3. Pondasi Tiang Berdasarkan Perpindahannya

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

Yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup dipancang ke dalam 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).

2.4.3 Metode Pelaksanaan *Jacked Pile* Hidraulic Static Pile Driver (HSPD)

Jacked pile hidrolik memiliki 4 buah kaki yang terdiri dari 2 buah kaki terletak di bagian luar *jacked pile* Hidrolik mempunyai 4 buah kaki yang terdiri dari 2 buah kaki terletak di bagian luar (rel besi berisi air) dan 2 kaki pada bagian dalam yang semuanya digerakkan secara hidrolis. Cara Kerja alat ini secara garis besar adalah sebagai berikut :

- Langkah 1

Jacked pile diangkat dan dimasukkan perlahan ke dalam lubang pengikat tiang yang disebut grip, kemudian sistem *jack – in* akan naik dan mengikat atau memegang tiang tersebut. Ketika tiang sudah dipegang erat oleh *grip*, maka tiang mulai ditekan.

- Langkah 2

Alat ini memiliki ruang kontrol/kabin yang dilengkapi dengan *oil pressure* atau *hydraulic* yang menunjukkan *pile pressure* yang kemudian akan dikonversikan ke *pressure force* dengan menggunakan tabel yang sudah ada.

- Langkah 3

Jika grip hanya mampu menekan *jacked pile* sampai bagian pangkal lubang mesin saja, maka penekanan dihentikan dan grip bergerak naik ke atas untuk mengambil *jacked pile* sambungan yang telah disiapkan. *Jacked pile* sambungan (*upper*) kemudian diangkat dan dimasukkan ke dalam *grip*. Setelah itu sistem *jack – in* akan naik dan mengikat atau memegang tiang tersebut. Ketika tiang sudah dipegang erat oleh *grip*, maka tiang mulai ditekan mendekati *jacked pile* 1 (*lower*). Penekanan dihentikan sejenak saat kedua tiang sudah bersentuhan. Hal ini dilakukan guna mempersiapkan penyambungan kedua *jacked pile* dengan cara pengelasan.

- Langkah 4

Untuk menyambung tiang pertama dan tiang kedua digunakan system pengelasan. Agar proses pengelasan berlangsung dengan baik dan sempurna, maka ke dua ujung *jacked pile* yang di beri plat harus benar-benar tanpa rongga. Pengelasan harus dilakukan dengan teliti karena kecerobohan dapat berakibat fatal, yaitu beban tidak tersalur sempurna.



Gambar 2. 7 Alat pemancangan Hidraulic Static Pile Driver (HSPD)

2.5 Analisis Daya Dukung *Jacked Pile* Dari Hasil SPT

SPT adalah uji penetrasi dinamis yang tujuannya untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung dimana uji SPT ini sangat sering dilakukan. Harga N yang diperoleh dari SPT tersebut digunakan untuk memperhitungkan daya dukung tanah yang tergantung pada kuat geser tanah. Menurut Coulomb kuat geser tanah dinyatakan dengan:

$$\tau = c + \sigma \tan \emptyset \quad (2.13)$$

Dimana :

τ = Kekuatan geser tanah (kg/cm²)

c = Kohesi tanah (kg/cm²)

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

\emptyset = Sudut geser tanah (°)

Angka penetrasi sangat berguna sebagai pedoman dalam eksplorasi tanah dan untuk memperkirakan kondisi lapisan tanah. Hubungan antara angka penetrasi standart dengan sudut geser tanah dan kepadatan relatif untuk tanah berpasir, secara perkiraan dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini :

Tabel 2. 7 Hubungan antara angka penetrasi standard dengan sudut geser dalam dan kepadatan relatif pada tanah pasir (Das, 1985)

Angka penetrasi standart, N	Kepadatan relatif Dr (%)	Sudut geser dalam \emptyset (°)
--------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------

0 – 5	0 – 5	26 -30
5 – 10	5 – 30	28 – 35
10 – 30	30 – 60	35 – 42
30 - 50	60 – 65	38 - 46

Menurut Peck dan Meyerhof, 1997, dari nilai N yang diperoleh pada uji SPT, dapat diketahui hubungan empiris tanah non kohesi seperti sudut geser dalam (ϕ), indeks densitas dan berat isi tanah basah (γ_w). Hubungan antara harga N dengan berat isi yang sebenarnya hampir tidak mempunyai arti karena hanya mempunyai partikel kasar (Tabel 2.8). Harga berat isi yang dimaksud sangat tergantung pada kadar air.

Tabel 2. 8 Hubungan antara harga N-SPT, sudut geser dalam, dan kepadatan relative (Sosrodarsono and Nakazawa, 2005)

Nilai N	Kepadatan relative		Sudut geser dalam (ϕ)	
			Menurut Peck	Menurut Meyerhof
0 – 4	Sangat lepas	0,0 – 0,2	< 28,5	< 30
4 – 10	Lepas	0,2 – 0,4	28,5 – 30	30 – 35
10 – 30	Sedang	0,4 – 0,6	30 – 36	35 – 40
30 – 50	Padat	0,6 – 0,8	36 – 41	40 – 45
>50	Sangat padat	0,8 – 1,0	> 41	>45

Pada tanah tidak kohesif daya dukung sebanding dengan berat isi tanah, hal ini berarti bahwa tinggi muka air tanah banyak mempengaruhi daya dukung pasir. Tanah dibawah air mempunyai berat isi efektif yang kira-kira setengah berat isi tanah diatas muka air. Hubungan antara harga N-SPT dan berat isi tanah dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut ini :

Tabel 2. 9 Hubungan antara harga N-SPT dan berat isi tanah (Das, 1995)

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

Hasil percobaan pada SPT merupakan perkiraan kasar dan bukan merupakan nilai yang teliti. Dalam pelaksanaan, umumnya hasil sondir lebih dapat dipercaya dari pada percobaan SPT. Hal yang juga perlu diperhatikan yaitu bahwa jumlah pukulan untuk 15 cm pertama yang disebut dengan N1 tidak dihitung karena permukaan tanah dianggap sudah terganggu.

Untuk menghitung daya dukung pondasi *jacked pile* berdasarkan data SPT dapat digunakan metode Meyerhof, adapun rumus yang dapat digunakan antara lain:

1. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang pada Tanah Kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \quad (2.14)$$

- Tahanan geser selimut tiang

$$Q_s = \alpha \times C_u \times P \times L_i \quad (2.15)$$

Dimana :

$$C_u = \text{kohesi undrained (kN/m}^2) = N_{SPT} \times \frac{2}{3} \times 10$$

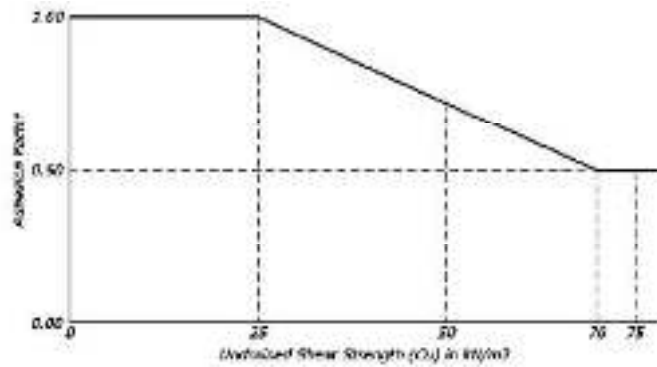
A_p = luas penampang tiang (m²)

α = koefisien adhesi antara tanah dan tiang (Gambar 2.8)

P = keliling tiang (m)

L_i = tebal lapisan tanah setiap interval kedalaman pemboran (m)

Grafik hubungan antara kuat geser dengan faktor adhesi dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2. 8 Grafik Hubungan antara Kuat Geser (c_u) dengan Faktor Adhesi (α)
(API, 1987)

Dari nilai N yang diperoleh dari uji SPT, dapat diketahui hubungan empiris tanah non-koheusif seperti sudut geser dalam (ϕ), indeks densitas, dan berat isi tanah basah (γ_{wet}).

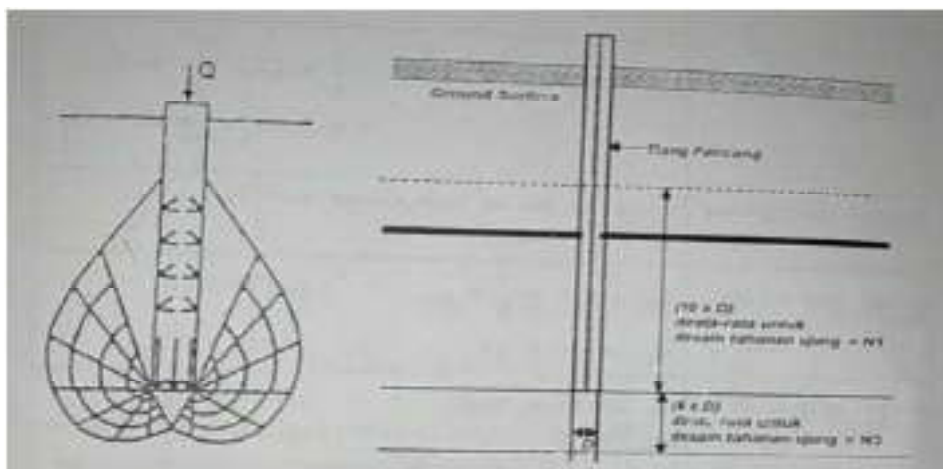
2. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang pada Tanah Non Kohesif (pasir dan kerikil)

- Daya dukung ujung pondasi tiang

$$Q_p = 40 \times N_{cor} \times A_p \times (L/D) \leq 400 \times N_{spt} \times A_p \quad (2.16)$$

- Tahanan geser selimut tiang

$$Q_s = 2 \times N_{spt} \times P \times L_i \quad (2.17)$$



Gambar 2. 14 Nilai N-SPT untuk desain tahanan ujung pada tanah pasiran (Meyerhof, 1997)

Dimana :

Q_p = Tahanan ujung ultimate (kN)

NSPT = Jumlah pukulan yang diperlukan dari percobaan SPT = N_{cor}

$N_{cor} = (N_1 + N_2) / 2$

N_1 = Nilai N rata-rata dari dasar ke 10D ke atas (Gambar 2.9)

N_2 = Nilai N rata-rata dari dasar ke 4D ke bawah (Gambar 2.9)

A_p = Luas penampang *jacked pile* (m^2)

P = Keliling tiang (m)

L_i = Tebal lapisan tanah setiap interval kedalaman pemboran

2.6 Analisis Daya Dukung *Jacked pile* Dari Hasil Sondir

Diantara perbedaan tes dilapangan, sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)* seringkali sangat dipertimbangkan peranan dari geoteknik. CPT atau sondir ini tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis dan test 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 (*pile*), data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) tiang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari tiang. Dalam menghitung kapasitas daya dukung aksial ultimit (Q_{ult}), ada beberapa metode yang dapat dipakai sebagai acuan. Salah satunya adalah metode Vander Veen's (1957).

Persamaan untuk daya dukung ultimit dan izin beban dapat ditulis sebagai berikut :

Daya dukung ultimit :

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (2.18)$$

Resisten dasar tiang

$$Q_b = q_p \text{ (Kerucut)}$$

Kapasitas dasar ultimit

$$Q_b = A_b \times q_p \quad (2.19)$$

Dimana Q_p merupakan nilai penetrasi titik kerucut representatif dengan rumus,:

$$q_p = \frac{(q_{c1} + q_{c2}) \times 0,5 + q_{c3}}{2} \quad (2.20)$$

Kapasitas daya dukung pondasi yang diijinkan (Q_{ijin}) dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} Q_s &= f_s \cdot A_s \\ &= \frac{q_c}{2} \times A_s \end{aligned} \quad (2.21)$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas daya dukung *jacked pile* tunggal (ton)

Q_p = Tahanan Kerucut rata-rata pada kedalaman 4d seperti pada gambar
2.20 (kg/cm²)

q_1 = Rata – rata q_c dibawah tiang antara 0,7d dan 4d

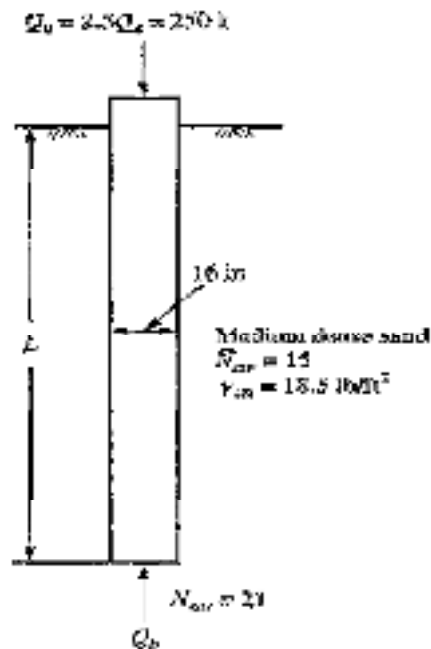
q_2 = yang terkecil dari q_c dibawah tiang antara 0,7d dan 4d

q_3 = rata – rata q_c diatas tiang sampai 8d

Q_s = Kapsitas daya dukung pondasi yang diijinkan

A_b = Luas penampang tiang (cm²)

f_s = Cone resistance dibagi Faktor keamanan



Gambar 2. 20 Tahanan Kerucut rata-rata pada kedalaman 4d

2.7 Analisis Daya Dukung *Jacked Pile* Berdasarkan Bacaan Manometer

Kapasitas daya dukung *jacked pile* dapat diketahui berdasarkan bacaan manometer yang tersedia pada alat *hydraulic jack*. Kapasitas daya dukung tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = P \times A \quad (2.22)$$

Keterangan :

Q = Daya dukung tiang pada saat pemancangan (ton)

P = Bacaan manometer (kg/cm^2)

A = Total luas efektif penampang piston (cm^2)

2.8 Korelasi Daya Dukung Pondasi Tiang SPT, Sondir dan Manometer

Pada hal ini dijelaskan hasil analisis dari korelasi daya dukung yang diperoleh dari hasil daya dukung ultimit SPT dan sondir dengan analisa daya dukung ultimit manometer. Korelasi daya dukung yang diperoleh dari hasil data tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian nilai perencanaan daya dukung ultimit.

2.9 Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka kapasitas ultimit tiang dibagi dengan faktor aman tertentu. Tabel 2.17 menunjukkan faktor keamanan yang disarankan oleh *Reese dan O'Neill*.

Tabel 2. 10 Faktor aman yang disarankan oleh (Reese dan O'neill 1989)

Klasifikasi struktur	Faktor aman			
	Kontrol baik	Kontrol normal	Kontrol jelek	Kontrol Sangat jelek
Monumental	2,30	3	3,50	4
Permanen	3	2,50	2,80	3,40
Sementara	1,40	2	2,30	2,80

2.10 Studi Literatur (*Literature Review*)

Beberapa peneliti telah melakukan berbagai penelitian tentang analisis daya dukung *jacked pile*, penurunan *jacked pile*, dan efisiensi kelompok tiang. Penelitian tersebut dapat dijadikan referensi untuk perhitungan analitis dan metode elemen hingga. Beberapa hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :

Menurut penelitian yang dilakukan oleh R. Daulay (2018) tentang analisis perhitungan kapasitas daya dukung pondasi *jacked Pile* 30 cm × 30, dimana, daya dukung tiang pancang dihitung berdasarkan data SPT, Sondir, dan bacaan dari manometer alat *hidraulic jack*, dengan metode analitis dan metode numerik dengan bantuan program Plaxis Versi 8.6. Hasil daya dukung tiang berdasarkan data bacaan manometer lebih mewakili dan sebagai acuan dalam perencanaan *jacked pile* yang akan digunakan.

Andayana (2016) tentang analisis perbandingan daya dukung tiang pancang berdasarkan uji SPT dan berdasarkan alat HSPD 120 T, berdasarkan hasil perhitungan di di dapat, nilai daya dukung tiang pancang kelompok yang dihitung

berdasarkan uji SPT dibagi dengan nilai faktor keamanan 3 hampir sama dengan nilai tiang pancang kelompok berdasarkan alat HSPD 120T. Berdasarkan pembebanan pada kelompok pondasi tiang, hasil yang diperoleh tidak melebihi daya dukung ultimit sehingga aman untuk digunakan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Umum Proyek

Adapun data umum proyek pembangunan Kantor Induk Kabupaten Tapanuli Tengah adalah sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Pembangunan Kantor Induk Pemerintah Kabupaten Tapanuli Tengah
2. Fungsi Bangunan : Perkantoran
3. Lokasi Proyek : Jl. Dr. FL. Tobing, Pandan Tapanuli Tengah
4. Pemilik Proyek : Dinas Perumahan dan Kawasan pemukiman Tapanuli Tengah
5. Konsultan Perencana : Cv. Shaka Sinergy
6. Kontraktor Perencana : PT. PILAR JURONG SEJATI
7. Kosultan Penelitian Tanah : CV.Citra Soil Konsultan
8. Status : Proyek Pemerintah
9. *Pile Supplier* : PT. Wijaya Karya (WIKA)
10. Tipe Hidraulik : HSPD 120 T

3.2 Data Jacked Pile

Jenis Pondasi : Pondasi Tiang Pancang

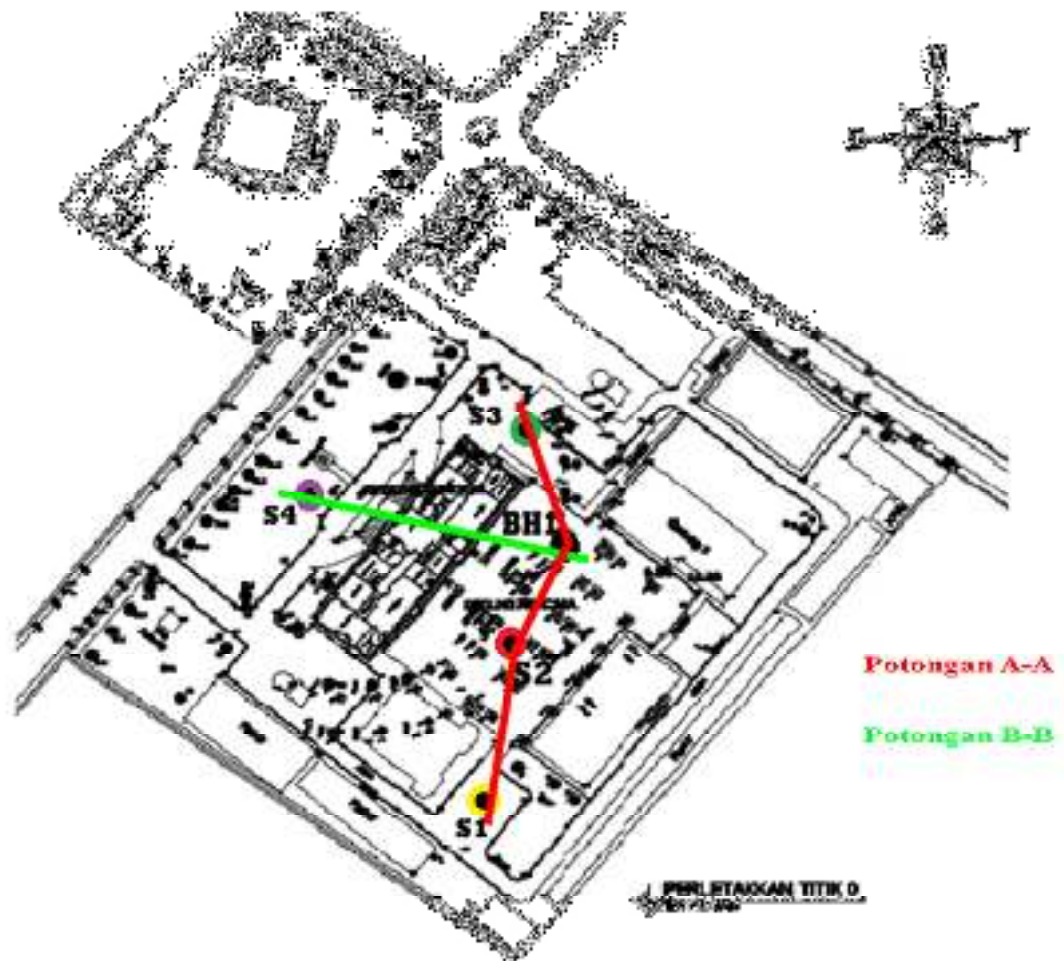
Dimensi *Jacked Pile* : 25 cm x 25 cm

Panjang *Jacked Pile* : 31 m

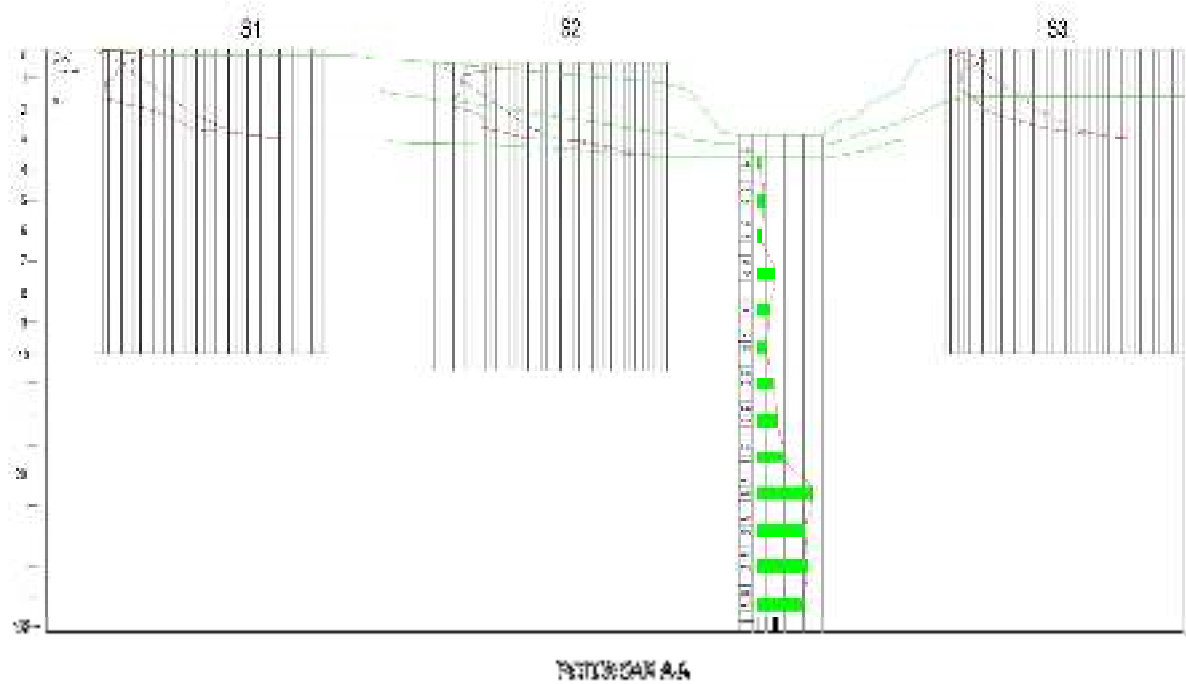
Mutu Beton : K-500

3.3 Stratifikasi Tanah

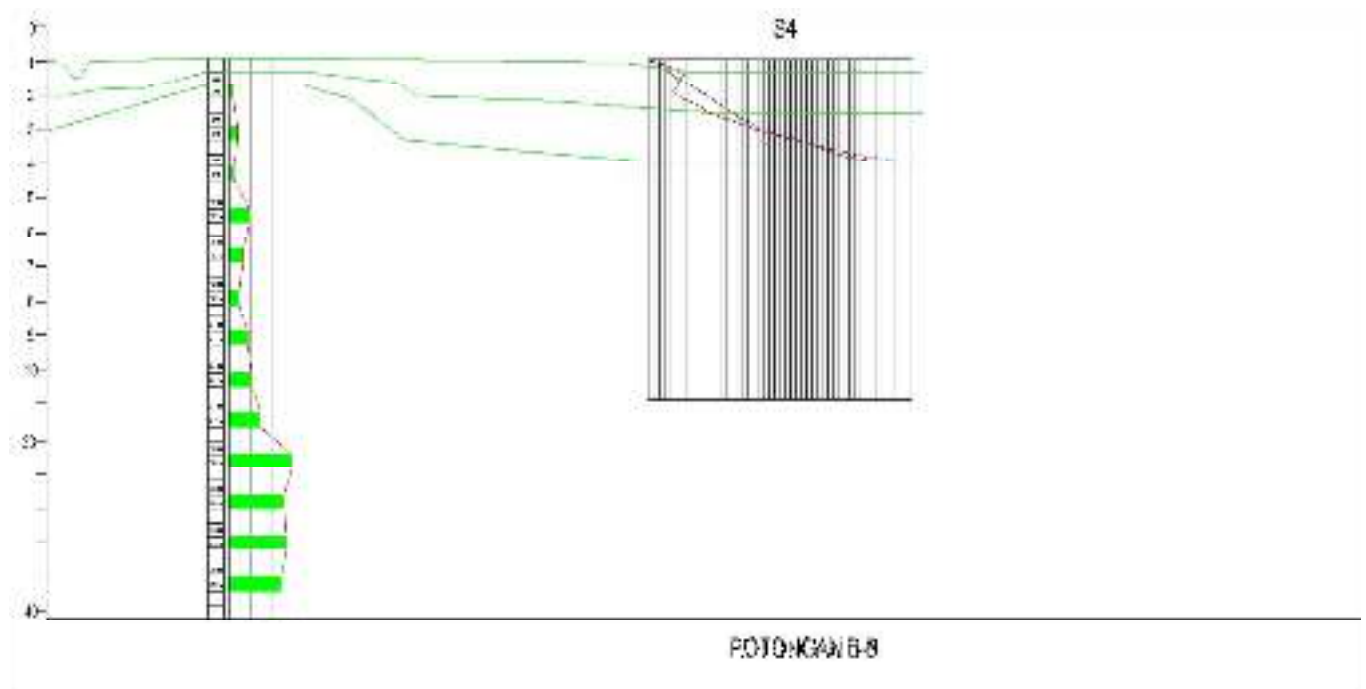
Stratifikasi tanah adalah penggambaran jenis lapisan tanah berdasarkan hasil pengujian tanah dari tes *Bore Log(SPT)* dan Sondir. Berikut adalah Layout Berdasarkan Potongan A-A dan Potongan B-B Hasil stratifikasi tanah pada proyek ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Denah Lokasi Potongan

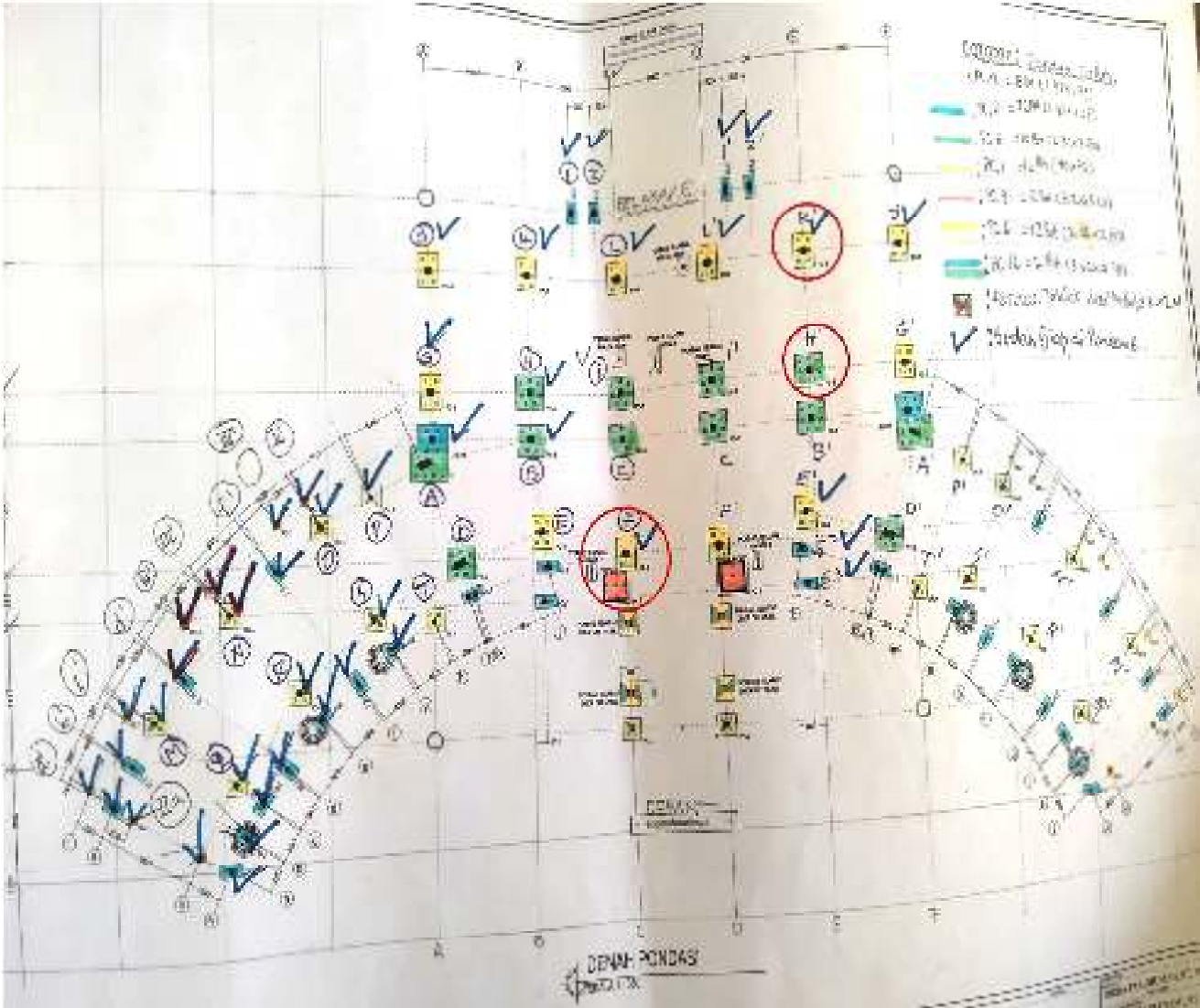


Gambar 3. 2 Potongan A-A Gambar



Gambar 3. 3 Potongan B-B Gambar

3.4 Lay Out Proyek



Gambar 3. 4 Lay out proyek pembangunan Kantor bupati Tapanuli Tengah

3.6 Metode Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menentukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah.. Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah studi kasus maka untuk mendukung penulisan Tugas Akhir ini, dilakukan beberapa tahapan yang diperlukan dan secara garis besar diuraikan sebagai berikut::

1. Studi *literature* yaitu mengumpulkan kajian *literature* yang berhubungan dengan permasalahan pada pondasi tiang dalam Tugas Akhir ini, yang bersumber dari buku serta referensi jurnal sebagai pendekatan teori maupun sebagai perbandingan untuk mengkaji penelitian ini.
2. Peninjauan langsung ke lokasi proyek dan menentukan lokasi pengambilan data yang tersedia.
3. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam pengumpulan data adalah Untuk mendukung penulisan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh data dari PT. Pilar Jurong Sejati Sebagai pihak kontraktor yaitu berupa data hasil dan secara garis besar diuraikan sebagai berikut:
 - a) *Standart Penetratin Test* (SPT) sebanyak 1 titik
 - b) Data Sondir (CPT) sebanyak 4 titik
 - c) Denah dan detail pondasi
 - d) Data *Pile Driving Record* dan bacaan *Manometer Hidraulik Static Pile Driver*
4. Berdasarkan data yang didapat pada *Pile driving Record*, SPT dan CPT penulis Menentukan titik yang akan di analisis adalah titik SPT di BH-1, CPT di titik S-2 dan *Pile driving record* ada 9 titik yaitu 5 titik di daerah sekitaran BH-1 dan 4 titik di daerah berdekatan dengan S-2.

3.7 Tahap dan Penelitian

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

- a. Tahapan Pertama
melakukan review dan studi keperpustakaan terhadap text book dan jurnal-jurnal terkait dengan pondasi tiang, permasalahan pada pondasi tiang, dengan disain dan pelaksanaan pemancangan tiang.
- b. Tahapan Kedua

meninjau langsung ke lokasi proyek dan menentukan lokasi pengambilan data data *Bore Hole*, SPT, Sondir, Manometer.

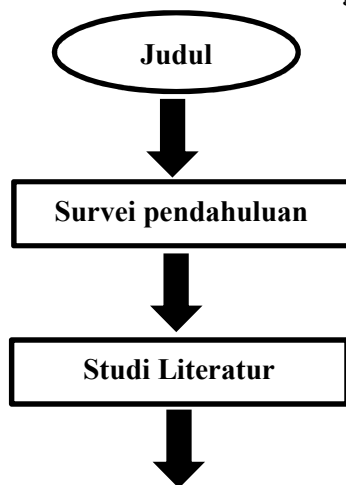
c. Tahapan Ketiga

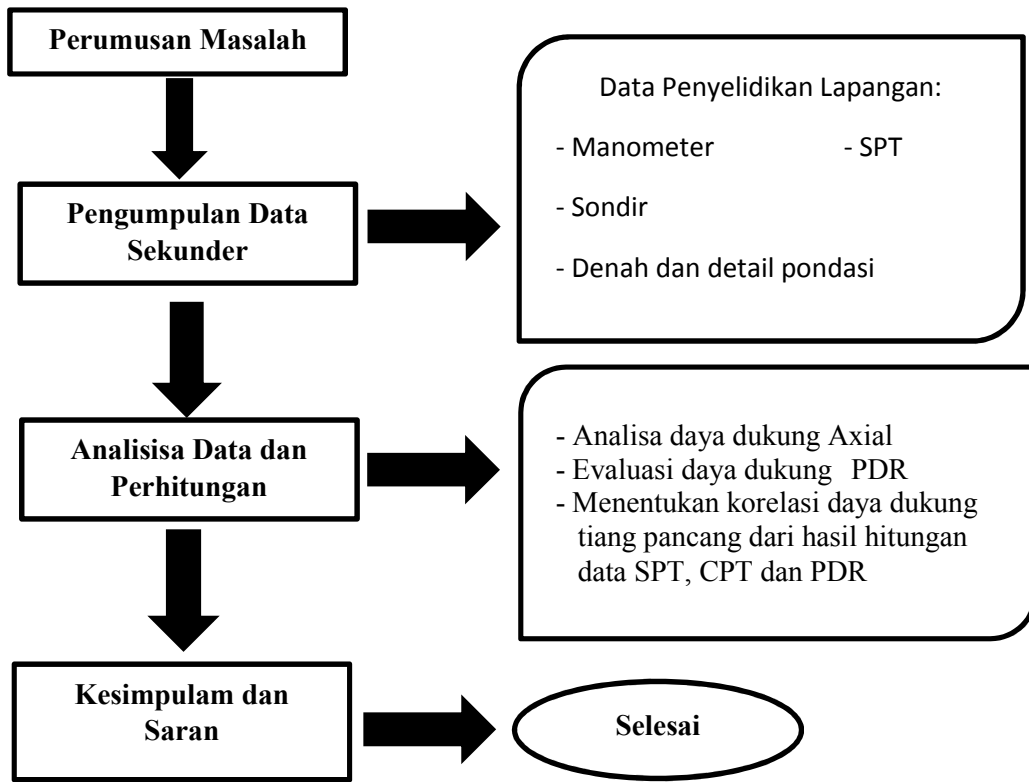
Melakukan analisis antara data yang diperoleh dari lapangan dengan buku dan referensi lain yang sesuai dengan penelitian tentang penggunaan teori yang sesuai.

d. Tahapan keempat

Pada tahap ini dilakukan perhitungan daya dukung dan penurunan elastis jacked pile tunggal secara konvensional. Pada tahap ini dilakukan kegiatan menghitung dan membandingkan daya dukung ultimit dan penurunan elastis tiang pancang tunggal dan kelompok secara analitis pada *Bore Hole* I dari data hasil SPT, Sondir sesuai dengan teori dan formula yang telah dibahas di tinjauan pustaka dengan data yang diperoleh dari pengujian di lapangan dan pengujian di laboratorium.

3.8 Flow Chart Metodologi Penelitian





Gambar 3. 5 *Flow Chart* Metodologi Penelitian