

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dalam desain struktur tanah pondasi daya dukung tanah, pada beberapa perencanaan konstruksi bangunan sangat penting dimana nilai daya dukung tanah yang sangat berpengaruh pada tebal perkerasan lapisan tanah dasar untuk menentukan kapasitas dukung tanah dasar, dalam pengujian daya dukung tanah ada beberapa metode pengujian yang dilakukan langsung di lapangan (*In Situ Test*) seperti, *CPT (Cone Penetration Test)*, *SPT (Standard Penetration Test)*, dan lain-lain. Dalam melakukan uji penetrasi lapangan dengan *SPT* ini digunakan metode pengujian penetrasi dengan *SPT* (SNI 03-4153-1996) yang dapat berlaku untuk tanah. Peralatan uji penetrasi ini antara lain terdiri atas peralatan penetrasi dengan *SPT*, bahan penunjang uji, dan perlengkapan lainnya. Mengingat diperlukannya parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan untuk keperluan identifikasi perlapisan tanah yang merupakan bagian dari desain pondasi suatu bangunan.

Uji *SPT (Standard penetration test)* sering juga di kenal dengan uji Bor log merupakan salah satu uji tanah yang sering banyak digunakan di Indonesia. Yang di mana datanya saling melengkapi dengan metode uji tanah lainnya, pengujian ini di laksanakan untuk mendapatkan sample tanah tak terganggu (*Undisturbed Sample*) dan nilai *N-SPT*, dimana hasil uji berupa data rekap grafik *SPT* sesuai data yang di dapat di lapangan .

Data rekapitulasi *SPT* dapat dihitung dengan menggunakan aplikasi komputer untuk mendapatkan parameter tanah yang hasilnya digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi dan akan di sandingkan dengan perhitungan yang menggunakan data kalendering, dengan menginterpretasi kedua hasil tersebut, untuk mengetahui kemampuan daya dukung pondasi secara konkrit.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang rumusan masalahnya adalah melakukan analisis daya dukung pondasi menggunakan data SPT dan *calendering* dari proyek dermaga Sigapiton (Kec. Ajibata, Kab.Toba) dengan cara empiris dan menggunakan aplikasi Komputer.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk membatasi lingkup permasalahan dan mempermudah pembahasan dalam penelitian ini, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Data SPT dan *Calendering*.
2. Analisa berfokus pada empat titik SPT, BH 1, BH 2, BH 3, BH 4 dan dua titik tiang pancang terdekat ke titik SPT.
3. Hasil analisis yang diperoleh difokuskan pada variabel yang diperlukan dalam bentuk data dan di uji / diaplikasikan dengan aplikasi komputer.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Untuk menganalisa daya dukung pondasi pada dermaga sigapiton dengan perhitungan empiris dan aplikasi komputer dengan daya dukung menggunakan data *Calendering*.
2. Menginterpretasikan data daya dukung berdasarkan hasil yang sudah dianalisa.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian Tugas Akhir ini bertujuan untuk menambah wawasan dan pengetahuan penulis dan pembaca dalam menganalisa data melalui teori yang sudah pernah di pelajari baik melalui perkuliahan dan studi referensi mengenai interpretasi data SPT dan cara pengaplikasiannya diprogram komputer seperti pada penelitian ini, dan sebagai referensi bagi pihak-pihak yang membutuhkan informasi dan mempelajari hal terkait yang dibahas dalam laporan Tugas Akhir ini.

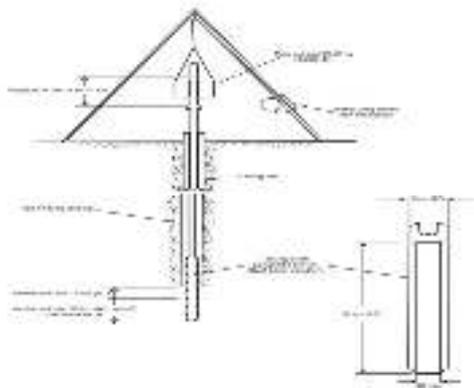
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Standard Penetration Test

Uji SPT adalah metode uji tanah in-situ yang dilaksanakan guna mengetahui sifat rekayasa geoteknik tanah bawah permukaan, terutama untuk tanah tanpa kohesi.

#### 2.1.1 Pengertian Standard Penetration Test

*Standard Penetration Test* (SPT) dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran, baik untuk mengetahui sifat perlawanan dinamik tanah juga sekaligus melakukan pengambilan sampel tanah UDS (*Undisturbed Sample*) dengan teknik penumbukan. Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian 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 ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m). Detail alat dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



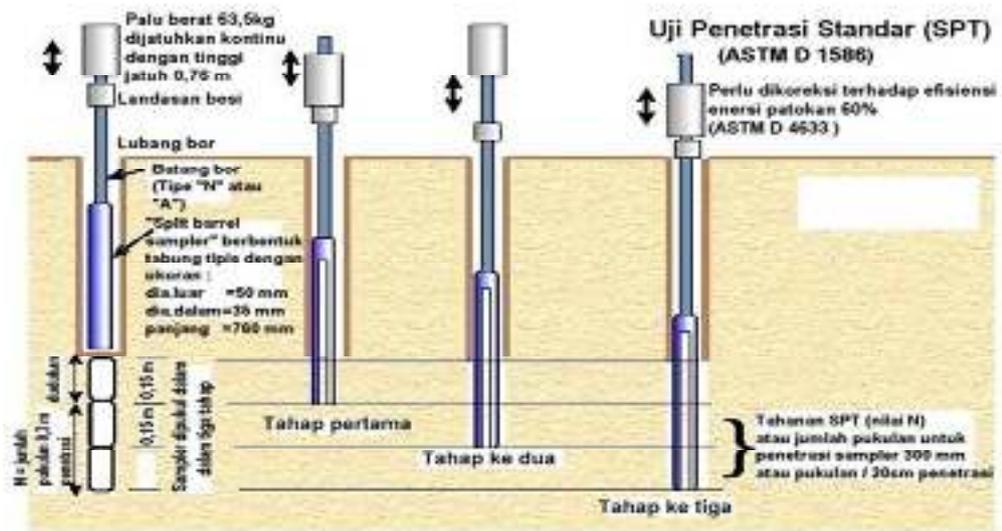
Gambar 2.1 Alat Uji *Standard Penetration Test*.

*Sumber : SNI 4153-2008*

### 2.1.2 Metode Penyelidikan Tanah SPT

Standar ini menetapkan cara uji penetrasi lapangan dengan SPT, untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan dengan SPT. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi perlapisan tanah yang merupakan bagian dari desain pondasi. Standar ini menguraikan tentang prinsip-prinsip cara uji penetrasi lapangan dengan SPT meliputi: sistem peralatan uji penetrasi di lapangan yang terdiri atas peralatan penetrasi konus dengan SPT dan perlengkapan lainnya; persyaratan peralatan dan pengujian; cara uji; laporan uji; dan contoh uji. Cara uji ini berlaku untuk jenis tanah pada umumnya. (SNI 4153:2008). Nilai SPT diperoleh dengan cara sebagai berikut.

Tabung belah standar dipukul sedalam 15 cm (6"). Kemudian dilanjutkan pemukulan tahap kedua sedalam 30 cm (12"). Jumlah pukulan tahap kedua ini, yaitu jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30 cm, didefinisikan sebagai nilai-N. Pengujian yang lebih baik dilakukan dengan menghitung pukulan pada tiap-tiap penembusan sedalam 7,62 cm (3 inci) atau setiap 15 cm (6 inci). Dengan cara ini, kedalaman sembarang jenis tanah didasar lubang bor dapat ditaksir, dan elevasi dimana gangguan terjadi dalam usaha menembus lapisan yang keras seperti batu, dapat dicatat. Hitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi yang pertama, penetrasi 15cm yang ke-dua dan ketiga, catat jumlah pukulan N pada setiap penetrasi 15cm. Jumlah pukulan yang dihitung adalah  $N_2 + N_3$ . Nilai pada  $N_1$  tidak diperhitungkan karena masih kotor bekas pengeboran. Bila nilai N lebih besar daripada 50 pukulan, hentikan pengujian dan tambah pengujian sampai minimum 6 meter. Catat jumlah pukulan pada setiap penetrasi 5cm untuk jenis tanah batuan. Skema dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Skema Urutan *Standard Penetration Test*

Sumber : SNI 4153-2008

### 2.1.3 Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan struktur menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002. Beban – beban yang diperhitungkan adalah sebagai berikut ini.

#### a. Beban Mati

Beban mati adalah semua beban tidak bergerak yang berasal dari unsur bangunan tersebut termasuk semua unsur tambahan yang termasuk dalam bangunan tersebut.

#### b. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terdapat dari penggunaan suatu bangunan dan didalamnya termasuk beban – beban pada lantai dari benda yang dapat dipindahkan. Untuk ketentuan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No	Jenis Beban	Berat
a	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam poin b	200 kg/m <sup>2</sup>
b	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang – gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik, atau bengkel	125 kg/m <sup>2</sup>
c	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
d	Lantai ruang olahraga	400 kg/m <sup>2</sup>
e	Lantai ruang dansa	500 kg/m <sup>2</sup>
f	Lantai dan balkon dalam dari ruang – ruang untuk pertemuan yang lain daripada yang lain daripada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m <sup>2</sup>
g	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m <sup>2</sup>
h	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300 kg/m <sup>2</sup>
i	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500 kg/m <sup>2</sup>
j	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f, dan g	250 kg/m <sup>2</sup>
k	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat – alat dari ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 kg/m <sup>2</sup>
l	Lantai gedung parkir bertingkat: - Untuk lantai bawah - Untuk lantai tingkat lainnya	800 kg/m <sup>2</sup> 400 kg/m <sup>2</sup>
m	Balkon – balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Yayasan Badan Penerbit PU 1987

c. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen pada struktur bangunan yang terjadi akibat adanya gerakan tanah / percepatan tanah akibat gempa bumi. Dalam hal ini beban gempa merupakan beban geser dasar nominal statik ekuivalen pada struktur gedung (SNI 03-1726-2002, pasal 6.1). Apabila gedung memiliki faktor keutamaan I, faktor reduksi gempa R dan waktu getar alami fundamental T, maka beban geser dasar nominal statik ekuivalen (V) yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung seperti contoh pada persamaan 2.1 berikut ini.

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t \quad (2.1)$$

Keterangan :

V = Beban geser dasar nominal statik ekuivalen,

C<sub>1</sub> = Koefisien gempa dasar,

I = Faktor keutamaan struktur,

R = Faktor reduksi gempa,

W<sub>t</sub> = Berat total gedung.

#### 2.1.4 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi Tiang Pancang, adalah berupa tiang dari kayu, baja, atau beton bertulang ditanam ke dalam tanah dengan mesin pancang. Tiang-tiang di atasnya dirangkai menjadi satu dengan plat beton yang disebut : kepala tiang, Pur (*Poer*, *Pile Cap*). Pur ini nantinya akan menjadi tumpuan dari kolom-kolom, dan meneruskan beban kolom ke tiang-tiang di bawahnya. Di bawah satu Pur umumnya terdapat dua atau lebih tiang dengan bentuk tampang bulat, segi delapan atau segi empat, diameter rata-rata antara : 30 cm – 50 cm.

Dalam tugas akhir ini Jenis dan spesifikasi tiang yang digunakan pada dermaga sigapiton adalah sebagai berikut pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi tiang pancang

Pile Properties		
Jenis tiang		Steel Pile Pipe
Jenis ujung tiang		Terbuka
Diameter luar tiang	D	0,4064 m
Ketebalan tiang	t	0,012 m
Diameter dalam tiang	ID	0,3824 m
Penampang	At	0,014869 m <sup>2</sup>
Tip Area	Ab	0,129717
Keliling tiang	p	1,276743 m
Berat jenis	γ	78,5 kN/m <sup>3</sup>
Berat tiang	Wp	1,16718 kN/m (0,118791 Ton/m)
Modulus Elastisitas	E	2E+08 kN/m <sup>2</sup>
Inersia	I	0,000289 m <sup>4</sup>
Section Modulus	Z	0,001424 m <sup>3</sup>
Kuat leleh	fy	400000 kN/m <sup>2</sup> (400 Mpa)
Kuat tarik	Mcr	427,2197 kN.m

*Sumber : data proyek pelabuhan sigapiton.*

#### 2.1.4.1 Kekuatan bahan tiang

Dalam melakukan desain pondasi tiang pancang untuk mengetahui bahwa tiang layak atau kuat adalah, daya dukung tanah ultimit yang di bandingkan terhadap kekuatan bahan tiang (P tiang), untuk mengetahui kekuatan bahan tiang dengan menggunakan rumus :

$$P \text{ tiang} = \sigma \text{ bahan} \times A_{\text{tiang}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Ptiang = kekuatan yang di izinkan pada tiang pancang (kg),

σbahan= Tegangan ijin bahan tiang (kg/cm<sup>2</sup>),

$$\text{Tegangan ijin baja} = 0,35 - 0,50 \times f \quad (2.3)$$

$$\text{Tegangan ijin beton} = 0,25 - 0,33 \times f \quad (2.4)$$

A tiang= Luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>).

### 2.1.5 Kapasitas Dukung Tiang

Kapasitas dukung ijin pondasi tiang untuk beban aksial  $Q_a$  atau  $Q_{all}$  diperoleh dengan membagi daya dukung ultimit  $Q_u$  atau  $Q_{ult}$  dengan suatu faktor keamanan (SF) baik secara keseluruhan maupun secara terpisah dengan menerapkan faktor keamanan pada daya dukung selimut tiang dan pada tahanan ujungnya. Karena itu daya dukung ijin tiang dapat dinyatakan seperti dalam Rumus berikut ini.

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- $Q_{all}$  = Kapasitas dukung ijin tiang,
- $Q_u$  = Kapasitas dukung ultimate tiang,
- $SF_1$  = Faktor keamanan.

Beberapa pertimbangan faktor keamanan (SF) ditentukan dengan cara sebagai berikut ini.

1. Jenis dan kepentingan struktur,
2. Jenis pengujian tanah,
3. Jenis kandungan tanah,
4. Tingkat pengawasan mutu pembuatan pondasi,
5. Total beban yang ditumpu oleh pondasi.

Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan diameter  $d < 2$  m, faktor aman (SF = 2,5 - 4), sedangkan tiang tanpa pembesaran dibagian bawahnya faktor aman (SF = 2). (Hardiyatmo, 2001). Pada analisa ini saya menggunakan (SF = 3).

#### 2.1.5.1 Kapasitas Dukung Tiang Tuggal

1. Daya dukung Ultimit

Pada umumnya kapasitas dukung tiang bor dapat dihitung menggunakan penjumlahan antara tahanan ujung dan tahanan selimut tiang, seperti metode *Meyerhof (1956)* dan *Lucian Decourt* berikut ini :

- Metode *Meyerhof (1956)*

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (2.6)$$

- Metode *Luciano Decourt (1987)*

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (2.7)$$

Keterangan :

$Q_u$  = Kapasitas dukung ultimit tiang (Ton),

$Q_p/Q_b$  = Kapasitas dukung ujung tiang (Ton),

$Q_s$  = Kapasitas dukung selimut tiang (Ton),

## 2. Tahanan Ujung Ultimit

Perhitungan tahanan ujung ultimit pada analisa kali ini berdasar SPT dapat dihitung dengan menggunakan metode dari *Meyerhoff (1956)* dan *Lucian Decourt* yang dinyatakan dalam rumus berikut :

- Metode *Meyerhof (1956)*

$$Q_p = 40 \times A_p.tiang \times N_p \quad (2.8)$$

- Metode *Luciano Decourt (1987)*

$$Q_b = 1(40 \times A_b \times N_b) \quad (2.9)$$

Keterangan :

$Q_p/Q_b$  = Kapasitas dukung ujung tiang ( Ton ),

$A_p/A_b$  = Luas penampang ujung tiang (  $m^2$  ),

$N_p/N_b$  = rerata NSPT di atas (8D) dan di bawah (4D) End bearing.

## 3. Tahanan Gesek Ultimit

Perhitungan tahanan ujung ultimit berdasar SPT dapat dihitung dengan menggunakan metode seperti di atas dinyatakan dalam rumus berikut :

- Metode *Meyerhof (1956)*

$$Q_s = (A_s.tiang \times \tilde{N}) / 100 \quad (2.10)$$

- Metode *Luciano Decourt (1987)*

$$Q_s = 1((N_s / 3 + 1)A_s) \quad (2.11)$$

Keterangan :

$Q_s$  = Kapasitas dukung selimut tiang (Ton),

$A_s$  = Luas penampang selimut tiang ( $m^2$ ),

$\bar{N}/N_s$  = NSPT rata – rata pada titik yang di bor.

### 2.1.5.2 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Kelompok tiang umumnya digunakan bila beban yang diterima oleh satu tiang pondasi terlalu besar, sehingga tidak mampu bila hanya menggunakan satu tiang. Jadi kelompok tiang merupakan kumpulan dari beberapa pondasi tiang yang bekerja sebagai satu kesatuan. Umumnya susunan tiang dibuat simetris dengan jarak yang samasehingga pusat beban tiang dan berat pile cap terletak pada satu satu garis vertikal.

#### 1. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang Pada Tanah Pasir

Perhitungan kapasitas dukung kelompok pada tiang dapat dihitung dengan Rumus 2.10 berikut ini.

$$Q_g = n \cdot Q_a \cdot E_g \quad (2.12)$$

Keterangan :

$Q_g$  = Beban maksimum kelompok tiang (ton),

$n$  = Jumlah tiang dalam kelompok,

$Q_a$  = Kapasitas dukung ijin tiang (ton),

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang.

#### 2. Efisiensi Kelompok Tiang

Menurut *Coduto* (1994) dalam buku *Analisis dan Perancangan Pondasi – II*, (Hardiyatmo, 2010) efisiensi kelompok tiang tergantung pada beberapa faktor yaitu sebagai berikut :

1. Jumlah tiang, panjang, diameter, pengaturan dan terutama jarak antara astiang,
2. Model transfer beban (gesek selimut atau tahanan ujung),

3. Prosedur pelaksanaan pemasangan ( tiang pancang atau tiang bor),
4. Urutan instalasi tiang,
5. Macam tanah,
6. Waktu setelah pemasangan,
7. Interaksi antara pelat penutup (*pile cap*) dengan tanah,
8. Arah dari beban yang bekerja.

Dalam buku *Analisis dan Perancangan Pondasi-II* persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang dapat dihitung dengan persamaan *Conversi*.

- *Labarre formula*

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (2.13)$$

Keterangan :

- $E_g$  = Efisiensi kelompok tiang,  
 $\theta$  = arc tg d/s, dalam derajat,  
 $m$  = Jumlah tiang pada deretan baris,  
 $n$  = Jumlah tiang pada deretan kolom,  
 $d$  = Diameter tiang ( m ),  
 $s$  = Jarak antar tiang ( m ).

### 2.1.5.3 Penurunan Pondasi Tiang

Perkiraan penurunan (*settlement*) pada pondasi tiang merupakan masalah yang kompleks karena beberapa hal berikut.

1. Adanya gangguan pada kondisi tegangan tanah saat pemancangan
2. Ketidakpastian mengenai distribusi dari posisi pengalihan beban (*load transfer*) dari tiang ke tanah.

3. Peralihan (displacement) yang diperlukan untuk memobilisasi gesekan selimut adalah kecil (tidak lebih dari 5 mm), tidak tergantung pada jenis tanah, jenis tiang maupun ukuran tiang. Tapi (Vesic, 1977) menemukan peralihan ini dapat mencapai 10 mm. Peralihan yang diperlukan untuk memobilisasi perlawanan ujung sebaliknya lebih besar dan tergantung jenis tanah, jenis tiang, serta ukuran tanah. Karena itu gesekan selimut tiang akan dimobilisasi lebih awal mendahului perlawanan ujung tiang.

#### 1. Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

Penurunan dipengaruhi mekanisme pengalihan beban. Pada buku *Pile Foundations In Engineering Practice*, (Shamsher & Sharma, 1990) terdapat dua metode untuk memperkirakan besarnya penurunan elastis atau penurunan seketika pada pondasi tiang tunggal, yaitu metode semi-empiris dan metode empiris. Metode semi-empiris akan dinyatakan dalam rumus berikut ini.

- Metode Semi Empiris

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (2.14)$$

Keterangan :

- S = Penurunan total (m),
- $S_s$  = Penurunan akibat deformasi aksial tiang (m),
- $S_p$  = Penurunan dari ujung tiang (m),
- $S_{ps}$  = Penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang (m)

Menghitung penurunan akibat deformasi aksial menggunakan rumus metode Semi Empiris akan dinyatakan dalam rumus berikut.

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha Q_s)L}{A_p \cdot E_p} \quad (2.15)$$

Keterangan :

- $Q_p$  = Kapasitas dukung ujung tiang (ton),
- $Q_s$  = Kapasitas dukung selimut tiang (ton),
- L = Panjang Tiang (m),
- $A_p$  = Luas penampang tiang ( $m^2$ ),

$E_p$  = Modulus elastisitas tiang (ton/m<sup>2</sup>).

$\alpha$  = Koefisien yang tergantung pada distribusi gesekan selimut sepanjang tiang (*Vesic 1977*,  $\alpha = 0,33 - 0,5$ )

Menghitung penurunan dari ujung tiang menggunakan rumus metode semi empiris akan dinyatakan dalam rumus sebagai berikut.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{\alpha \cdot q_p} \quad (2.16)$$

Keterangan :

$Q_p$  = Kapasitas dukung ujung tiang (ton),

$q_p$  = Daya dukung batas di ujung tiang (ton/m<sup>2</sup>),

$d$  = Diameter (m),

$C_p$  = Koefisien empiris.

Nilai dari koefisien  $C_p$  tentunya akan bergantung pada jenis tanah yang ada disekeliling tiang bor, nilai koefisien akan dicantumkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Nilai Koefisien  $C_p$  (*Vesic, 1977*)

Jenis Tanah	Tiang Bor
Pasir	0,09 – 0,18
Lempung	0,03 – 0,06
Lanau	0,09 – 0,12

*Sumber : Raharjo (2005)*

Menghitung penurunan akibat pengalihan beban sepanjang tiang menggunakan rumus metode Semi Empiris akan dinyatakan dalam rumus sebagai berikut.

$$S_{ps} = \left( \frac{P_t}{p \cdot L} \right) \cdot \frac{d}{55} \cdot (1 - \nu_s^2) \cdot J_{ws} \quad (2.17)$$

Keterangan :

$\frac{PE}{p \cdot L}$  = Gesekan rata – rata yang bekerja sepanjang tiang (m),

p = Keliling tiang (m),,

L = Panjang tiang yang tertanam (m),

d = Diameter tiang (m),

$E_s$  = Modulus elastisitas tanah

$\nu_s$  = *Poisson ratio* tanah

$\sqrt{\frac{L}{d}}$   $I_{ws} = 2 + 0,35 \cdot \sqrt{\frac{L}{d}}$  = Faktor pengaruh

Nilai dari modulus elastis tanah dan *poisson ratio* dalam perhitungan diatas dapai dilihat pada tabel 2.3 di halaman berikutnya.

Tabel 2.4 Modulus Elastis

Jenis Tanah	Modulus Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )
Lempung	
a. Sangat lunak	3 – 30
b. Lunak	20 – 40
c. Sedang	45 – 90
Modulus Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	
d. Keras	70 – 200
e. Berpasir	300 - 425
Pasir	
f. Berlanau	50 – 200
g. Tidak Padat	100 – 250
h. Padat	500 – 1000
Pasir dan Kerikil	
i. Padat	800 – 2000
j. Tidak Padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loess	150 – 600
Serpih	1400 – 14000

Jenis Tanah	Modulus Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )
Kayu	80000 – 100000
Beton	200000 – 300000
Baja	2150000

Sumber : Bowles (1988)

Tabel 2.5 Angka Poisson

Jenis Tanah	Angka Poisson
Lempung lunak	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir Padat	0,2 – 0,4
Pasir kasar (e=0,4 – 0,7)	0,15
Pasir halus (e=0,4 – 0,7)	0,25
Batu	0,1 – 0,4
Loess	0,1 – 0,3

Sumber : Bowles (1988)

- Metode Empiris (Vesic, 1970)

Dalam buku *Pile Foundations In Engineering Practice*, (Shamsher & Sharma, 1990) dicantumkan pula metode empiris dalam perhitungan penurunan pondasi tiang bor yang akan dinyatakan dalam Rumus .

$$S = \frac{d}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \quad (2.18)$$

Keterangan :

- S = Penurunan total di kepala tiang (m),
- d = Diameter tiang (m),
- Q = Beban yang bekerja (m),
- A<sub>p</sub> = Luas penampang tiang (m),

- L = Panjang tiang (m),
- E<sub>p</sub> = Modulus elastisitas tiang.

## 2. Penurunan Pondasi Kelompok Tiang

Berikut adalah beberapa metode perhitungan penurunan pondasi kelompok tiang bor yang ada pada buku *Pile Foundations In Engineering Practice*, (Shamsher & Sharma, 1990). Tanah pasir menggunakan beberapa metode, sebagai berikut. Penggunaan metode *Vesic* pada buku *Pile Foundations In Engineering Practice*, (Shamsher & Sharma, 1990) dinyatakan dalam rumus berikut.

- Metode *Vesic* (1977)

$$S_g = S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{d}} \quad (2.19)$$

Keterangan :

- S = Penurunan pondasi tiang tunggal (m),
- S<sub>g</sub> = Penurunan pondasi kelompok tiang (m),
- B<sub>g</sub> = Lebar kelompok tiang (m),
- D = Diameter tiang tunggal (m).

- Metode *Meyerhoff* (1976)

Meyerhof memberikan formula empiris yang sederhana di dalam buku *Pile Foundations In Engineering Practice*, (Shamsher & Sharma, 1990) untuk memperkirakan penurunan kelompok tiang berdasarkan hasil uji penetrasi standar (SPT) dan uji sondir (CPT), persamaan ini dicontohkan dalam rumus berikut.

Berdasarkan N – SPT

$$S_g = 2q \sqrt{\frac{B_g \cdot L}{N}} \quad (2.20)$$

Keterangan :

$$I = \left(1 - \frac{L}{B_g}\right) \geq 0,5$$

q = Tekanan pada dasar pondasi,

B<sub>g</sub> = Lebar kelompok tiang,

N = Harga rata – rata N – SPT pada kedalaman ± B<sub>g</sub> dibawah ujung pondasi tiang.

### 2.1.6 Pile cap

*Pile cap* digunakan untuk menyatukan beberapa pondasi tiang, ini berfungsi untuk menyalurkan beban bangunan yang diterima oleh kolom. *Pile cap* tiang biasanya dianggap kaku.

Hal penting pada saat melakukan desain *pile cap* adalah pengaturan tiang dalam satu kelompok. Pada umumnya susunan tiang dibuat simetris sehingga pusat berat kelompok tiang dan pusat berat *pile cap* terletak pada satu garis vertikal. Jarak antar tiang memiliki persyaratan  $2,5 D < S < 3D$ , tetapi jika pondasi memikul beban momen maka jarak tiang perlu diperbesar yang berarti menambah / memperbesar tahanan momen.

### 2.1.7 Penulangan Pada Tiang Bor

Penulangan pada tiang bor dapat dihitung dengan menggunakan rumus umum yang dinyatakan dalam rumus berikut.

$$n = \frac{A_s}{A_{1d}} \quad (2.21)$$

Keterangan:

N = Jumlah tulangan,

A<sub>s</sub> = Luas tulangan yang dipakai ,

A<sub>1d</sub> = Luas satu tulangan yang dipakai.

## 2.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub kelompok –sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. (Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah yang ada mempunyai beberapa versi, hal ini disebabkan karena tanah memiliki sifat-sifat yang bervariasi. Adapun beberapa



*Sumber : (Das, 1995)*

### **2.2.2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO**

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Clasification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan, versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 ( ASTM Standart no D-3282, AASHTO metode M145).

Sistem klasifikasi AASHTO yang dipakai saat ini diberikan dalam Tabel 2.2. Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar, yaitu A1 sampai dengan A7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan 200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. (Das, 1995).

Sistem klasifikasi ini pada awalnya membutuhkan data-data berikut :

1. Analisa ukuran butiran.
2. Batas cair dan batas plastis dan  $I_p$  yang dihitung.
3. Batas susut
4. Ekuivalen kelembapan lapangan-kadar lembab maksimum dimana satu tetes air yang dijatuhkan pada suatu permukaan yang kecil tidak segera diserap oleh permukaan tanah itu.
5. Ekuivalen kelembapan sentrifugal-sebuah percobaan untuk mengukur kapasitas tanah dalam menahan air. (Tanah kering dirndam dalam air selama 12 jam dan kemudian diberi gaya sentrifugal selama 1 jam; kadar air akhir yang didapat adalah ekuivalen kelembapan sentrifugal (*centrifuge moisture*

*equivalenr*–CME), (Bowles, 1993). Untuk lebih jelasnya dalam pengklasifikasian tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada Tabel 2.3 pada lembar berikutnya.

Tabel 2.6 Klasifikasi tanah menurut AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan (% lolos)							
No.10	Maks 50						
No.40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat Fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastis (PI)							
	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe Material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir Halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi Umum	Tanah Lanau – Lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
Klasifikasi Kelompok	A-4		A-3	A-6		A-7 A-7-5* A-7-6'	
Analisis Ayakan(%lolos)							
No.10							
No.40							
No.200	Min 36		Min 36	Min 36		Min 36	
Sifat Fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastis (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 40 Maks 10	Maks 40 Maks 10		Maks 40 Maks 10	
Tipe Material yg	Tanah Berlanau			Tanah Berlempung			

paling dominan		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek	

*Sumber : Das, (1995)*

Keterangan : \*Untuk A-7-5,  $PI \leq LL - 30$  dan ‘ Untuk A-7-6,  $PI > LL - 30$

### 2.2.3 Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh *Casagrande* dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineers* selama Perang Dunia II. Dalam rangka kerjasama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, sistem ini disempurnakan. Pada masa kini, sistem klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Sistem ini mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*) , yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu : tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah –tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor-faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No.200 (ini adalah fraksi halus)
2. Presentase fraksi kasar yang lolos ayakan No.40

3. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*, Cu) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient*, Cc) untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan No.200
4. Batas cair (*LL*) dan indeks plastisitas (*PI*) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan No.200). ( Das, 1995 )

Tabel 2.7 Sistem Klasifikasi tanah menurut USCS

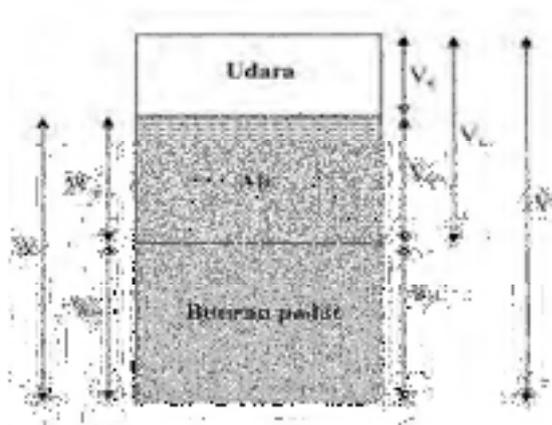
Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Umum	
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200'	Pasir Lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 40	Kerikil Bersih (hanya Kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali mengandung butiran halus	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil Dengan Butiran Halus	GM	Kerikil berlanau-campuran kerikil-pasir-lanau	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Kerikil 50% Atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No.40	Pasir Bersih (hanya Pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			SP	Pasir bergradasi-buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Pasir Dengan Butiran Halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Umum
	Tanah Berbutir Halus 50% atau kurang	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau dan berlempung	
CL			Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )		
OL			Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas		

Lanau dan Lempung Batas cair lebih 50%	rendah
	MH Lanau organik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis
	CH Lempung organik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi
	PT Gambut ( <i>peat</i> ), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi

*Sumber : Das, (1995)*

### 2.3 Parameter Tanah

Tanah adalah suatu benda padat berdimensi tiga terdiri dari panjang lebar dalam yang merupakan bagian dari kulit bumi. Kata tanah seperti banyak kata umumnya mempunyai beberapa pengertian. Pengertian tradisional, tanah adalah medium alami untuk pertumbuhan tanaman dan merupakan daratan. Pengertian lain, tanah berguna sebagai pendukung pondasi bangunan dan sebagai bahan bangunan itu sendiri, seperti batu bata, paving blok. Faktor yang mempengaruhi daya dukung tanah antara lain : jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, dan lain-lain. Tingkat kepadatan tanah dinyatakan dalam presentase berat volume ( $\gamma_d$ ) terhadap berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmaks}$ ). (Afrenia, 2014). Tanah terdiri dari tiga fase elemen, yaitu butiran padat (*solid*), air dan udara, seperti yang



ditunjukkan Gambar 2.4.

Gambar 2.4 Tiga fase elemen tanah

(Sumber :Das, 1995)

Gambar 2.4 memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume ( $V$ ) dan berat total ( $W$ ). Berikut hubungan volume-berat :

$$\begin{aligned}V &= V_S + V_V \\ &= V_S + V_W + V_a \cdot V_V \\ &= V_W + V_a\end{aligned}$$

Keterangan :

$V_S$  = Volume butiran padat

$V_W$  = Volume air

$V_a$  = Volume udara

$V_V$  = Volume pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka total berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan dengan :

$$W = W_S + W_W$$

Dengan :

$W_S$  = berat butiran padat

$W_W$  = Berat air

Adapun data parameter tanah didapatkan dari hasil pengujian laboratorium maupun dari hasil interpolasi data-data tanah yang sudah ada. Hasil dari parameter tanah inilah yang menjadi masukan untuk pengukuran dan analisa selanjutnya.

### 2.3.1 Angka Pori

Angka pori menunjukkan seberapa besar ruang kosong yang disebut pori-pori tanah terhadap ruang padat. Pori-pori inilah yang nanti akan terisi air atau butiran tanah yang lebih kecil, sehingga sifat dari tanah pun berubah. Nilai ini merupakan hubungan volume tanah yang umum dipakai, didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori ( $V_V$ ) dan volume butiran padat ( $V_S$ ) yang disebut angka pori ( $e$ ).

$$e = \frac{V_V}{V_S} \quad (2.22)$$

### 2.3.2 Porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan volume pori dan volume tanah

total. Angka ini menunjukkan seberapa besar volume pori yang ada yang dapat diukur dalam presentase.

$$n = \frac{V_v}{V} \quad (2.23)$$

dimana n = angka porositas.

### 2.3.3 Kadar Air

Kadar air atau *water content (w)* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki. Pemeriksaan kadar air dapat dilakukan dengan pengujian *soil test* laboratorium, begitu juga untuk mengukur angka pori, porositas, derajat kejenuhan dan berat jenis.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \quad (2.24)$$

### 2.3.4 Derajat Kejenuhan

Nilai ini merupakan perbandingan antara perbandingan volume air dengan volume pori atau dapat dirumuskan,

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad (2.25)$$

Dimana S = derajat kejenuhan yang biasa dinyatakan dalam prosentase.

### 2.3.5 Berat Jenis Tanah Basah

Berat jenis tanah basah (*moist unit weight*) merupakan nilai dari perbandingan berat tanah per satuan volume.

$$\gamma_w = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} \quad (2.26)$$

atau dapat dinyatakan dalam berat butiran padat, kadar air, dan volume total yang dirumuskan berupa :

$$\gamma_w = \frac{W_s + (1+w)V_s}{V} \quad (2.27)$$

### 2.3.6 Berat Jenis Tanah Kering

Berat jenis tanah kering (*dry unit weight*) merupakan perbandingan berat kering per satuan volume tanah. Besaran yang didapat dari soil test ini diukur dalam keadaan kering, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma}{1+w} \quad (2.28)$$

yang dapat digunakan sebagai hubungan antara berat volume, berat volume kering dan kadar air.

### 2.3.7 Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir ( $q_c$ ) yaitu sebagai berikut :

$$\text{Kohesi } (c) = \frac{q_c}{20} \quad (2.29)$$

### 2.3.8 Sudut Geser Dalam

Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran *engineering properties* tanah berupa *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*. Hubungan sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.8 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
Kerikil Kepasiran	35° - 40°
Kerikil Kerakal	35° - 40°
Pasir Padat	35° - 40°

Pasir Lepas	30°
Lempung Kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

*Sumber : Das, (1995)*

Tanah memiliki butiran yang variatif dan keanekaragaman butiran tersebut menjadi batasan-batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem. Tabel 2.9 merupakan batasan-batasan ukuran golongan tanah.

Tabel 2.9 Batasan-batasan ukuran golongan tanah

Nama Golongan	Ukiran Butiran ( mm )			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempun g
<i>Massachussets Institute Of Technology (MIT)</i>	>2	2-0,06	0,06-0,002	<0,002
<i>U.S. Departement of Agriculture (USDA)</i>	>2	2-0,05	0,05-0,002	<0,002
<i>Ameican Association of and Transportation Officals (AASHTO)</i>	76,2-2	2-0,075	0,075- 0,002	<0,002
<i>Unified Soil Classification System (U.S Bureau of Reclamation)</i>	76,2- 4,75	4,75- 0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung <0,075)	

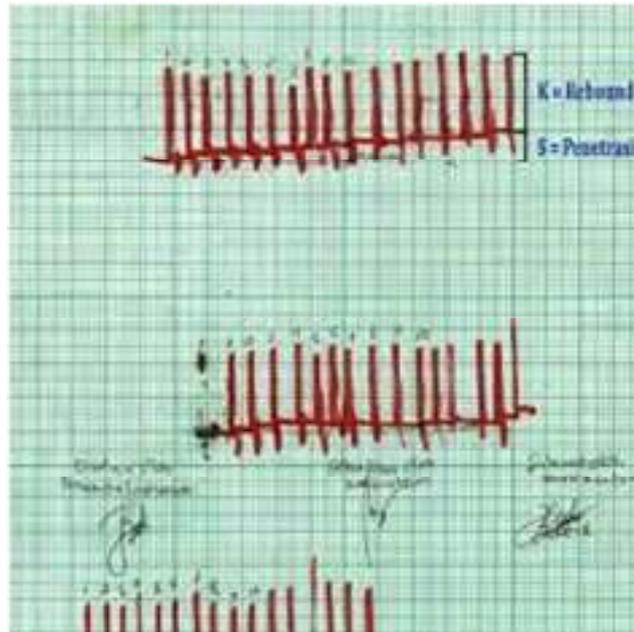
*Sumber : Das, 1995*

Fungsi dari sistem klasifikasi tanah ialah untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah dengan cara yang sistematis guna menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu yang didasarkan pada pengalaman terdahulu. (*Bowles, 1989*).

#### 2.4 Calendering

Secara umum kalendering digunakan pada pekerjaan pemancangan tiang pancang beton maupun pipa baja untuk mengetahui daya dukung tanah secara empiris melalui perhitungan yang dihasilkan oleh proses pemukulan alat pancang.

Alat pancang bisa berupa diesel hammer maupun *hydraulic hammer*. Perhitungan kalendering akan menghasilkan output yang berupa daya dukung tanah dalam Ton.



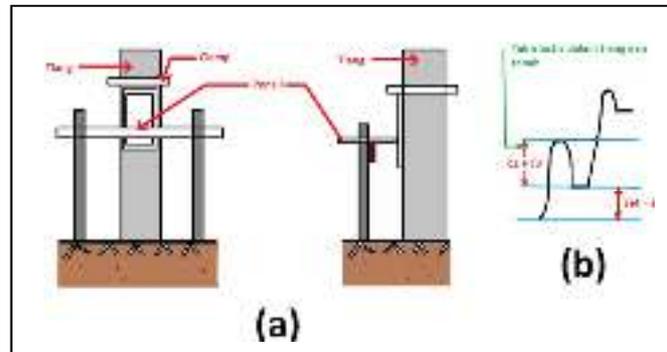
Gambar 2.5 Contoh gambar kalendering  
(sumber : [kalimantanpancang.com](http://kalimantanpancang.com))

#### 2.4.1 Tahap pelaksanaan kalendering

Metode pelaksanaan kalendering cukup sederhana. Alat yang disediakan adalah : spidol, kertas milimeter blok, selotip, waterpass, dan kayu pengarah spidol agar selalu pada posisinya.. Pelaksanaanya dilakukan pada saat 10 pukulan terakhir saat hampir mendekati top pile yang disyaratkan, dan faktor lain yang disesuaikan kondisi dilapangan. Tahapan pelaksanaanya yaitu:

1. Saat kalendering telah ditentukan dihentikan pemukulannya oleh hammer.
2. Memasang kertas milimeter blok pada tiang pancang menggunakan selotip atau lem.
3. Menyiapkan spidol yang ditumpu pada papan penopang dan waterpass tukang, kemudian menempelkan ujung spidol pada kertas milimeter.
4. Menjalankan pemukulan.
5. Satu orang melakukan kalendering dan satu orang mengawasi serta menghitung jumlah pukulan.
6. Setelah 10 pukulan kertas milimeter diambil.

7. Tahap ini bisa dilakukan 2 - 3 kali agar memperoleh grafik yang bagus.
8. Usahakan kertas bersih, karena kalau menggunakan diesel hammer biasanya kena oli dan grafiknya jadi kurang valid karena tertutup oli.
9. Setelah tahapan selesai , selanjutnya dihitung daya dukungnya.



Gambar 2.6 Contoh pelaksanaan kalendering

#### 2.4.2 Formula Dinamik

Formula dinamik didasarkan pada hubungan daya dukung tiang pancang dengan energi pemancangan tiang, yaitu menghubungkan daya dukung tiang dengan nilai set serta menganggap perlawanan tanah pada saat pemancangan sama dengan kapasitas tiang untuk memikul beban dalam keadaan statis. Hubungan antara tahanan dinamik dan statik dari tiang berdasarkan formula dinamik tidak tergantung pada faktor waktu. Formula dinamik tidak dapat digunakan pada tanah lempung, tetapi dapat digunakan pada tanah lepas.

Formula dinamik disebut juga sebagai formula “tiang pancang rasional” yang berdasarkan pada prinsip-prinsip impuls momentum. Formula dinamik mempunyai kelemahan dimana terdapat ketidakpastian energi pemancangan dan redaman tanah belum diperhitungkan. Formula-formula dinamik ini diturunkan berdasarkan parameter-parameter berikut :

1. Efisiensi Hammer ( $e_f$ ),

Jenis Alat Pancang	Efisiensi
Pemukul jatuh ( <i>drop hammer</i> )	0,75 – 1,00
Pemukul aksi tunggal ( <i>single acting hammer</i> )	0,75 – 0,85
Pemukul aksi double ( <i>double acting hammer</i> )	0,85
Pemukul diesel ( <i>diesel hammer</i> )	0,85 -1,00

Tabel 2.10 Efisiensi hammer berdasarkan jenis alat.

2. Berat palu (W),
3. Tinggi jatuh pemukul ( H ),
4. Berat tiang (Wp),
5. Panjang tiang (L),
6. Penampang tiang (A),
7. Modulus elastisitas tiang (E),
8. Koefisien restitusi (n),
9. Rebound (K),
10. Penetrasi (S),

Beberapa formula dinamik untuk menentukan daya dukung dinamik atau RUT sebagai berikut :

1. Formula Hiley

$$RUT = \frac{ef \times W \times H}{s+K} \times \frac{W+n^2 \times Wp}{W+Wp} \quad (2.30)$$

2. Formula Eytelwein

$$RUT = \frac{ef \times W \times H}{s+k(\frac{Wp}{W})} \quad (2.31)$$

## 2.5 Aplikasi Komputer

### 2.5.1 Allpile

Allpile adalah aplikasi yang berfungsi untuk mendisain pondasi tiang pancang yang hampir dapat menaggulangi segala jenis tipe tiang pancang, dengan

berbagai kondisi. Software ini dikembangkan oleh Civiltech Software Co. yang berbasis di Seattle-Bellevue, USA.

### **2.5.2 NovoSPT**

NovoSPT adalah aplikasi pemrograman yang berafiliasi dari *novotech software* yang berfungsi untuk mengolah data hasil *SPT* yang di dapat dari hasil soil investigation untuk mendapatkan parameter tanah.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah analisa daya dukung pondasi dengan menggunakan metode empiris, seperti metode *Meyerhof, Briaud & Tucker, Luciano Decourt*, dimana sebelum melakukan perhitungan diawali dengan pengumpulan data dari lapangan, berupa data SPT dan *Calendering*.

### 3.1 Deskripsi lokasi proyek



Gambar 3.1 Lokasi proyek

*Sumber : dokumentasi pribadi*

Deskripsi lokasi proyek sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Pembangunan Konstruksi Pelabuhan Sigapiton,
2. Lokasi Proyek : Sigapiton, Ajibata, Toba, Sumatera Utara,
3. Fungsi Bangunan : Sarana Mobilisasi,
4. Pemilik Proyek : Kementrian Perhubungan,
5. Kontraktor : PT. Ciptama Karya Sukses,
6. Konsulan Supervisi : CV. Karya Duta Bersama Consultant.

### 3.2 Pengumpulan data

Untuk mencapai tujuan penulisan dan agar memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan maka, penulis mengumpulkan data sebagai berikut :

#### 1. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari lapangan, yang dijadikan dasar perhitungan namun dapat juga dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data pemancangan. Data sekunder yang digunakan ialah data *SPT*.

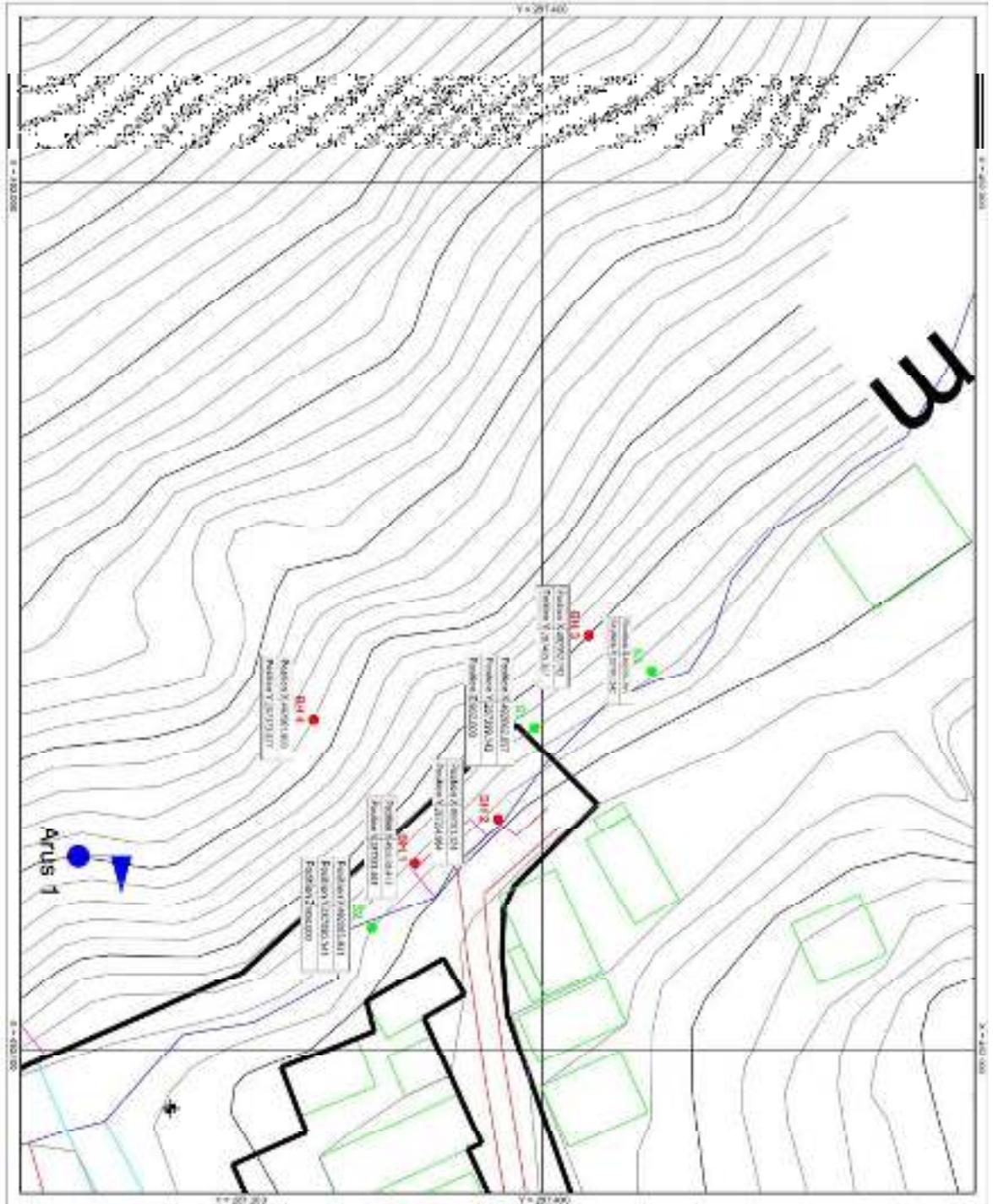
Tabel 3.1 resume data *SPT*

Depth from seabed (m)		N-SPT BH-01	Soil	N-SPT BH-02	Soil	N-SPT BH-03	Soil	N-SPT BH-04	Soil
0	1	0	Sand	0	Sand	0	Sand	0	Sand
1	4	16	Sand	22	Sand	19	Sand	20	Sand
4	7	23	Sand	36	Sand	25	Sand	32	Sand
7	10	39	Sand	51	Sand	32	Sand	40	Sand
10	13	50	Sand	62	Sand	38	Sand	48	Sand
13	16	60	Sand	69	Sand	40	Sand	49	Sand
16	19	60	Sand	60	Sand	60	Sand	60	Sand
19	22	60	Sand	60	Sand	60	Sand	60	Sand
22	25	60	Sand	60	Sand	60	Sand	60	Sand
25	28	60	Sand	60	Sand	60	Sand	60	Sand
28	30	60	Sand	60	Sand	60	Sand	60	Sand
N Rata-rata		49.28		49.94		49.28		49.90	
Kelas Sius		SD (Terasa Sebung)		SD (Terasa Sebung)		SD (Terasa Sebung)		SD (Terasa Sebung)	

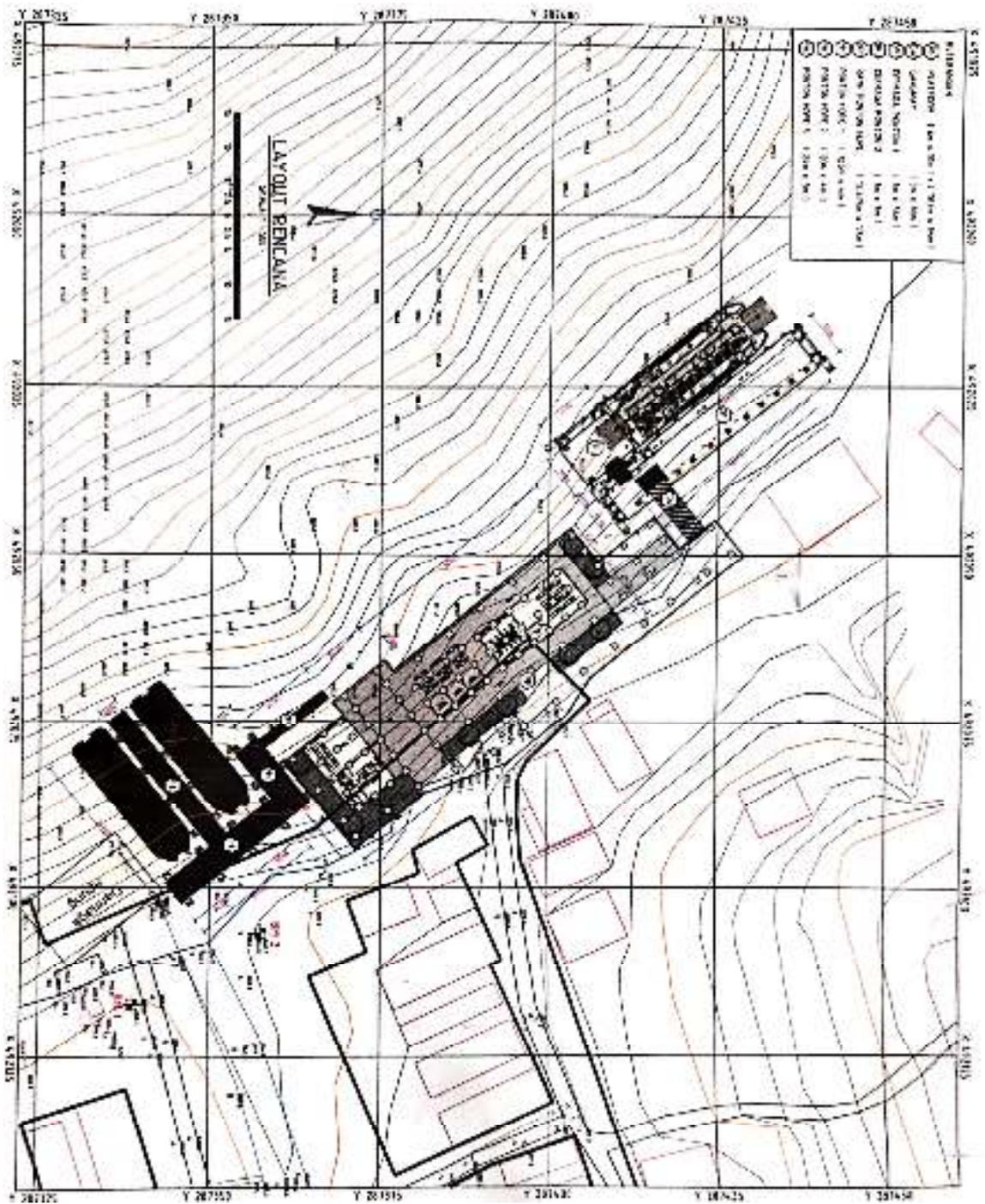
#### 2. Data pemancangan

Data pemancangan merupakan data yang diperoleh penulis berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek. Seperti :

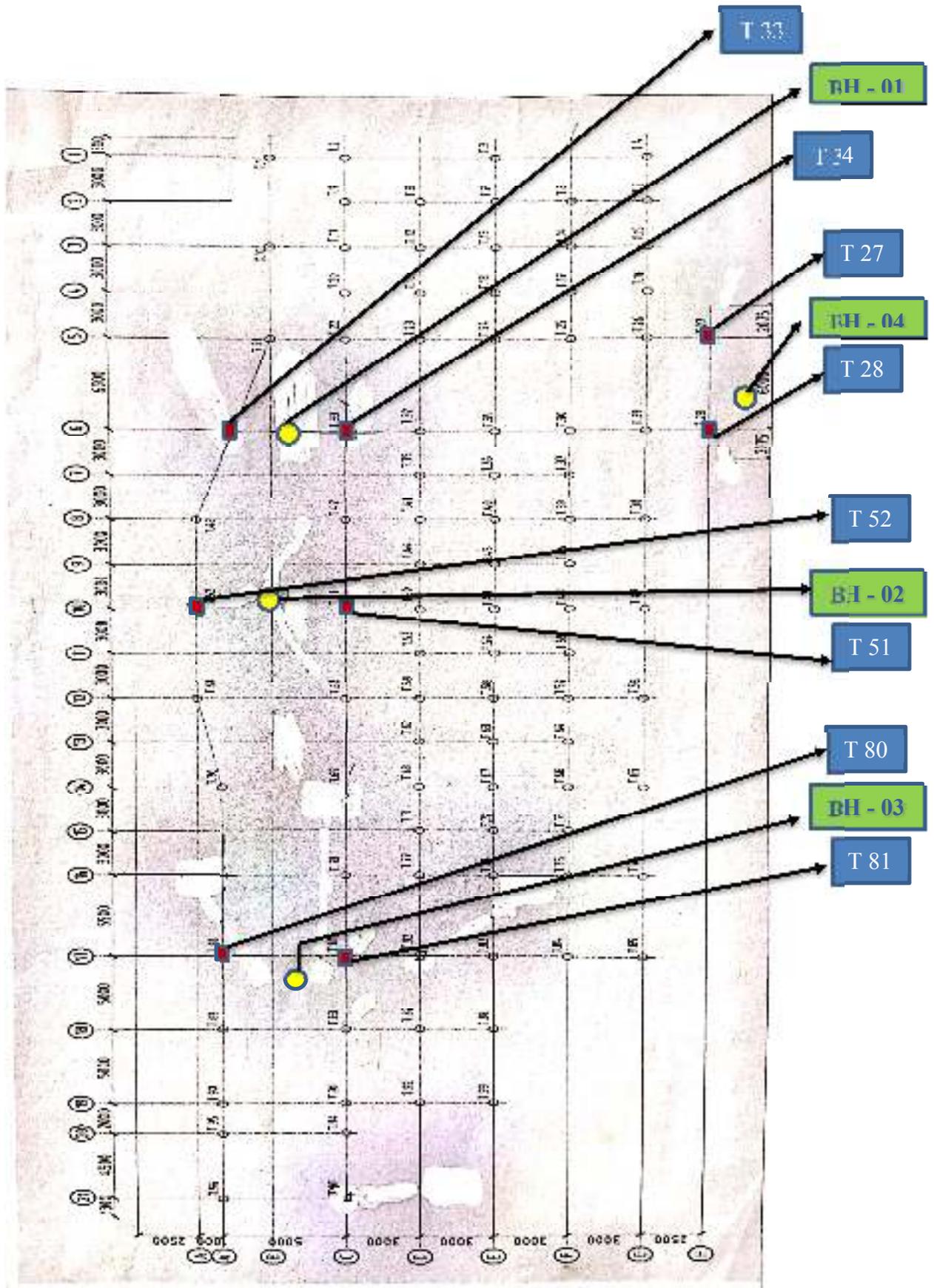
- berat *hammer*.
- tinggi jatuh *hammer*.
- dan nilai penetrasi saat pemancangan (*Calendering*).
- Dan juga Layout sebagai berikut.



Gambar 3.2 *Layout* lokasi sebaran Pelabuhan Sigapiton



Gambar 3.3 *Layout* rencana Pelabuhan Sigapiton



Gambar 3.4 Layout titik tiang dan bor hole

Data pemancangan di atas diperlukan sebagai parameter dari pekerjaan pemancangan, untuk memastikan pemancangan sudah sesuai dengan prosedur pekerjaan.

Data sekunder dan data pemancangan diperoleh dari pengawas dan konsulan lapangan pada proyek pembangunan.

### **3.3 Perhitungan daya dukung empiris**

Untuk melakukan perhitungan, digunakan data NSPT yang diperoleh dari pihak pelaksana proyek, yang akan dianalisa secara empiris, dengan menggunakan dua metode sebagai berikut :

1. *Meyerhof (1956)*
2. *Luciano Decourt*

Dimana hasil yang didapat berupa tahanan ujung ( $Q_p/Q_b$ ) dan Tahanan gesek tiang ( $Q_s$ ) yang di jumlahkan menjadi daya dukung ultimit ( $Q_u$ ).

### **3.4 Perhitungan *Final Set***

*Final set* adalah pengukuran penurunan tiang pancang pada akhir pemancangan. Nilai penurunan ini digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tiang, yaitu kondisi dimana tiang sudah mencapai target daya dukung yang dicantumkan dalam RKS. Data perhitungan calendering diperoleh dari data pemancangan. Perhitungan nilai *final set* yaitu dengan menghitung rata – rata penurunan dalam 10 tumbukan terakhir . Nilai penurunan yang diambil yaitu pada kolom final penetration. Di kalkulasi Menggunakan *Formula Hiley* dan *Formula Eitelwein* untuk mendapatkan daya dukung tiang ( $P_u$ ).

### **3.5 Daya dukung dengan aplikasi Komputer**

Melakukan Analisa menggunakan aplikasi *Allpile* dan *NovoSPT* untuk mendapatkan daya dukung menggunakan data fisik tiang dan NSPT.

### **3.6 Kesimpulan dan saran**

Membandingkan hasil seluruh Analisa, dan Pembahasan.

### 3.7 Diagram alir

