

# PENGARUH KONSISTENSI TANAH TERHADAP PEMILIHAN JENIS PONDASI MENARA TELEKOMUNIKASI

Andi Hermawan<sup>1</sup>, Idrus<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alumnus Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jl. Moh. Kahfi II Jagakarsa Jakarta Selatan 12640  
Email : andhieka\_hermawan@yahoo.co.id

<sup>2</sup> Dosen Tetap Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jl. Moh. Kahfi II Jagakarsa Jakarta Selatan 12640

## ABSTRAK

Setiap jenis / konsistensi tanah akan mempengaruhi terhadap pemilihan tipe pondasi yang akan dipakai. Termasuk diantaranya pada perencanaan pondasi menara telekomunikasi (*BTS*). Untuk mengetahui tipe pondasi menara telekomunikasi yang optimal yang akan diaplikasikan pada beberapa jenis / konsistensi tanah, maka dilakukan perhitungan (analisa) beberapa jenis pondasi dengan beban struktur atas yang sama pada tiap konsistensi tanah, data tanah diambil dari proyek menara telekomunikasi Laboratorium Teknik Sipil Geoinves, Jakarta. Beban struktur atas yang dipakai adalah menara telekomunikasi HCPT – SST – 52 meter dengan beban angin berkecepatan 120 km/jam. Hasil dari analisa perhitungan pondasi tersebut bahwa pada setiap batasan (*interval*) konsistensi tanah dengan beban struktur atas menara telekomunikasi yang sama memerlukan jenis dan tipe pondasi yang berbeda. Pada konsistensi tanah lunak dan sangat lunak jenis pondasi yang bisa digunakan dan paling efisien adalah pondasi *full plate* + cerucuk dan pondasi dalam, pada konsistensi tanah medium pondasi yang bisa digunakan dan paling efisien adalah pondasi telapak setempat dan pondasi *full plate*, pada konsistensi tanah kaku dan tanah keras yang bisa dilakukan galian pondasi yang bisa digunakan dan paling efisien adalah pondasi telapak setempat, dan pada tanah keras yang tidak bisa dilakukan galian pondasi yang bisa digunakan dan paling efisien adalah pondasi *full plate* + urug.

**Kata Kunci :** Jenis pondasi menara telekomunikasi, pemilihan jenis pondasi menara telekomunikasi, pengaruh konsistensi tanah terhadap pemilihan jenis pondasi, faktor – faktor pemilihan jenis pondasi menara telekomunikasi.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia telekomunikasi seluler di dunia dan juga di Indonesia sangat pesat. Hal ini didukung pula dengan adanya Menara *Base Transciever Station* (*BTS*) atau yang lebih dikenal dengan Menara Telekomunikasi. Fungsi dari Menara *BTS* ini adalah untuk menempatkan radio dan antena yang menerima signal dari telepon seluler, kemudian meneruskannya ke menara yang lain atau ke telepon seluler tujuan. Karena memiliki peran penting dalam segala aktifitas masyarakat, maka dalam pembangunannya, *BTS* harus direncanakan dengan sebaik – baiknya agar tidak berdampak buruk bagi lingkungan sekitar.

Dunia teknik sipil khususnya bidang Struktur dan Geoteknik sangat berperan dalam menyiapkan suatu menara, baik pada pekerjaan pondasi maupun menaranya.

Struktur menara *BTS* memerlukan jenis dan tipe pondasi yang disesuaikan dengan beban struktur atas dan karakteristik tanah dibawahnya. Pondasi yang dipakai pada suatu

proyek perencanaan menara telekomunikasi adalah jenis dan tipe pondasi yang paling optimal dilihat dari segi keamanan, kemudahan untuk dikerjakan, maupun dari segi biaya.

Seorang perencana (*Engineers*) hendaknya mempunyai analisa atau perkiraan mengenai jenis pondasi yang akan dipakai didalam merencanakan suatu pondasi menara telekomunikasi di berbagai jenis dan parameter tanah. Hal tersebutlah yang melatar belakangi penulis untuk membuat Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Konsistensi Tanah Terhadap Pemilihan Jenis Pondasi Menara Telekomunikasi”**.

## **1.2. Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penulisan “Pengaruh Konsistensi Tanah Terhadap Pemilihan Jenis Pondasi Menara Telekomunikasi” ini adalah untuk menganalisa kemampuan beberapa tipe pondasi menara telekomunikasi pada beberapa nilai konsistensi tanah, serta faktor – faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan tipe pondasi.

Dan Tujuannya adalah untuk mengetahui tipe pondasi menara telekomunikasi yang optimal pada setiap nilai konsistensi tanah, sehingga bisa menjadi rekomendasi untuk Perencana struktur pada saat merencanakan pondasi menara telekomunikasi.

## **1.3. Ruang Lingkup Pembahasan**

Dalam penulisan tugas akhir ini ada beberapa batasan masalah yang meliputi :

1. Reaksi beban struktur atas menara telekomunikasi diambil dari hasil perhitungan pada proyek perencanaan menara telekomunikasi.

Tipe menara yang dipakai dalam perhitungan adalah HCPT – SST – 52 meter dengan 4 kaki, kecepatan angin pada perhitungan struktur atas adalah 120 km/jam. Data diambil dari proyek PT Solusindo Kreasi Pratama yang berlokasi di Makasar – Sulawesi Selatan. Dalam hal ini tidak dilakukan analisa ulang pada struktur atas.

2. Data nilai konsistensi tanah diambil dari beberapa proyek menara Telekomunikasi yang dikerjakan oleh Laboratorium Teknik Sipil Geoinves – Jakarta.
3. Perhitungan analisa dilakukan dengan manual menggunakan beberapa rumusan empiris.
4. Analisa pemilihan jenis dan tipe pondasi tidak menyertakan faktor ketinggian muka air tanah.

## **1.4. Metodologi Pembahasan**

Tugas akhir ini bersifat analisis. Dasar – dasar teori yang dipakai kemudian dipergunakan untuk menghitung daya dukung dan kekuatan masing – masing jenis pondasi pada setiap jenis tanah.

Metodologi penulisan yang digunakan dalam mengerjakan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur dan pengumpulan referensi – referensi yang membantu dalam menganalisa pondasi.
2. Mencari dan mengumpulkan referensi data ;
  - a. Data reaksi struktur atas menara telekomunikasi untuk dipergunakan dalam perhitungan pondasi.
  - b. Data atau parameter masing-masing jenis tanah yang akan dianalisis.
3. Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing dan sumber-sumber lain.
4. Melakukan analisa perhitungan pondasi untuk struktur BTS pada setiap jenis tanah.
5. Mengambil kesimpulan jenis pondasi menara BTS yang paling optimal untuk setiap jenis tanah.

### 1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang pemilihan judul, maksud dan tujuan, ruang lingkup pembahasan, metodologi dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Berisi tentang Teori – teori yang mendasari kajian bahasan.

BAB III : METODOLOGI PEMBAHASAN

Berisi tentang *Flowchart* alur pemikiran, Regulasi Perencanaan pondasi berdasarkan TIA, Kriteria desain perencanaan tiap jenis pondasi, Data konsistensi tanah, dan Spesifikasi Teknis Menara Telekomunikasi yang dipakai dalam perhitungan.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang faktor – faktor pemilihan pondasi, Perhitungan tiap jenis pondasi pada tiap konsistensi tanah, dan evaluasi hasil perhitungan.

BAB V : KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan hasil perhitungan dan analisa data.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Menara Telekomunikasi

Beberapa tahun terakhir ini Menara *Base Transceiver Station* (BTS) atau yang biasanya disebut sebagai menara telepon seluler sangat populer kehadirannya di Indonesia. Kini di Indonesia banyak operator telekomunikasi yang bersaing untuk mempertahankan

kemajuan sistem informasinya, dimana harus didukung dengan menara BTS yang menjamin kelancaran operasinya.

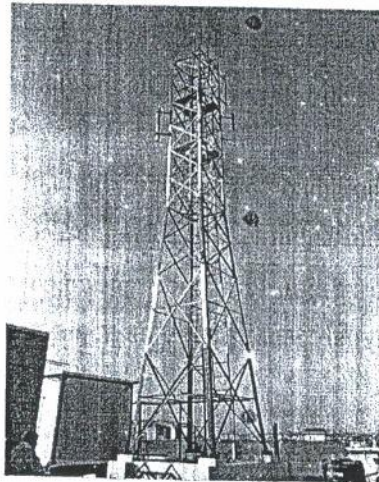
Menara BTS ini berfungsi untuk menempatkan radio dan antena yang menerima signal dari telepon seluler, kemudian meneruskannya ke menara yang lain atau ke telepon seluler tujuan.

Sistem gelombang frekuensi yang dipakai pada teknologi ini akan lebih sempurna jika tanpa adanya hambatan, maka harus ditempatkan diatas ketinggian tertentu. Diantaranya diletakkan diatas bangunan tinggi, atau dibuat suatu menara dengan ketinggian tertentu.

Sebagaimana telah diketahui bahwa pada bangunan tinggi pengaruh gaya horizontal akibat angin maupun gempa sangat besar, sehingga menimbulkan reaksi negative (Gaya angkat) pada tumpuan menara tersebut. Hal ini harus diantisipasi pada perencanaan pondasi untuk menara yang dibangun di atas tanah dan menara yang dibangun di atas atap bangunan.

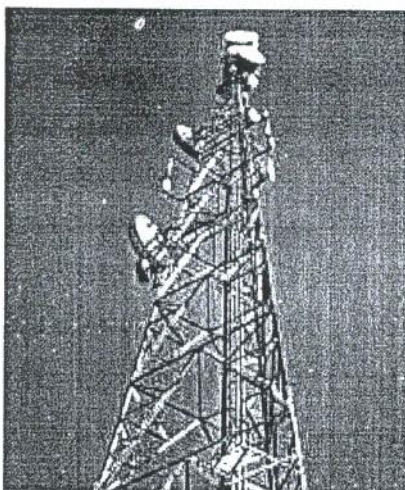
### 2.1.1. Jenis – Jenis Menara Telekomunikasi

#### 1. SST (*Steel Structure Tower*) *Quarter Leg*



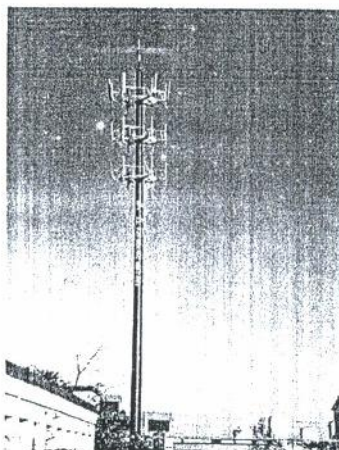
Gambar 2.1 SST *Quarter Leg*

2. SST (*Steel Structure Tower*) *Triangle Leg*

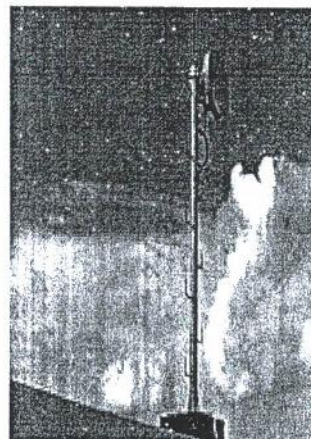


Gambar 2.2 SST *Triangle Leg*

3. Menara Monopole

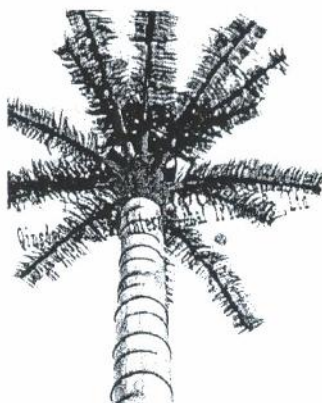


Gambar 2.3  
Menara Monopole (*Ground Field*)



Gambar 2.4  
Menara Monopole (*Top Roof*)

4. *Enviromental Monopole*



Gambar 2.5 *Enviromental Monopole*

## 2.2. Jenis – jenis Pondasi Menara Telekomunikasi (BTS)

Jenis pondasi yang digunakan dalam suatu perencanaan bangunan tergantung dari jenis tanah dan beban yang bekerja pada lokasi rencana proyek. Pemilihan tipe pondasi didasarkan pada beberapa hal diantaranya :

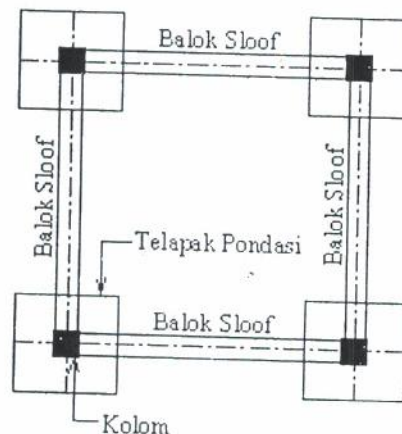
1. Fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
2. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas.
3. Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.
4. Biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan atas.

### 2.2.1. Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

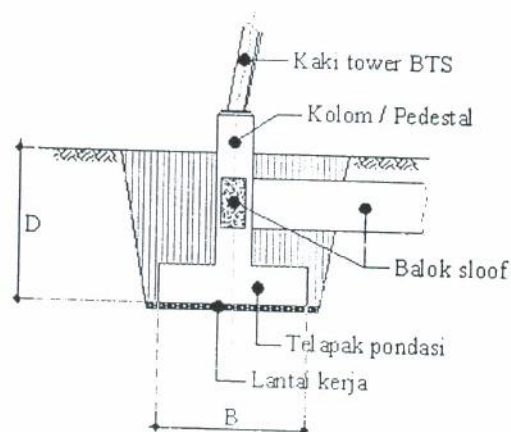
Pondasi dangkal (*Shallow foundation*) didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung. Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah yang cukup kuat (lapisan tanah keras) letaknya dangkal.

#### 2.2.1.1. Tipe – tipe Pondasi Dangkal untuk BTS

##### 1. Pondasi Setempat (*Foot Plate / Square Footing*)



Gambar 2.6 Pondasi setempat (Tampak atas)

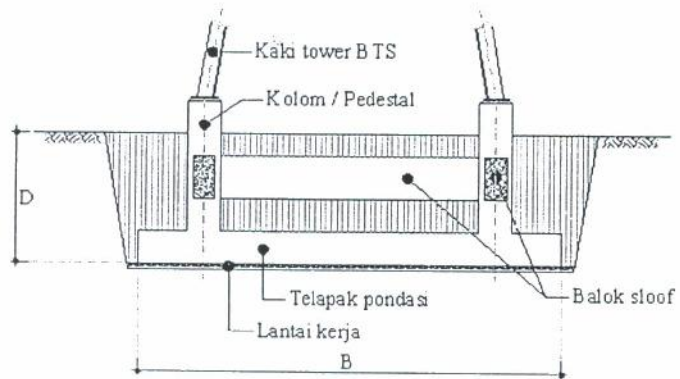


Gambar 2.7 Pondasi setempat (Potongan pondasi)

## 2. Pondasi *Full plate* / Pondasi rakit

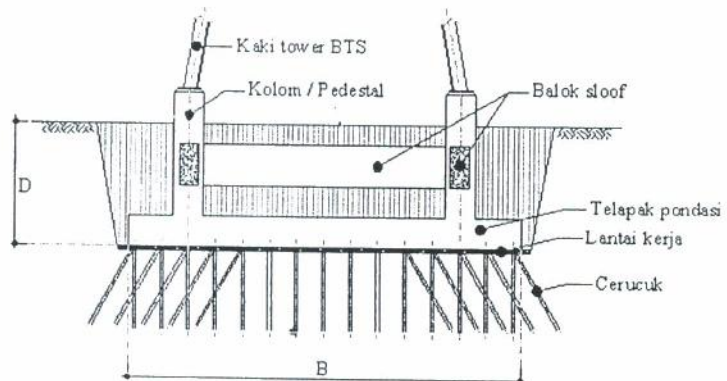


Gambar 2.8 Pondasi *full plate* (Tampak atas)



Gambar 2.9 Pondasi *full plate* (Potongan pondasi)

## 3. Pondasi *Full plate* dengan Perkuatan Cerucuk

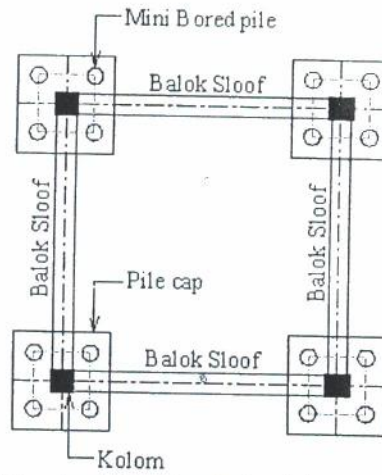


Gambar 2.10 Pondasi *full plate* dengan perkuatan cerucuk (Potongan pondasi)

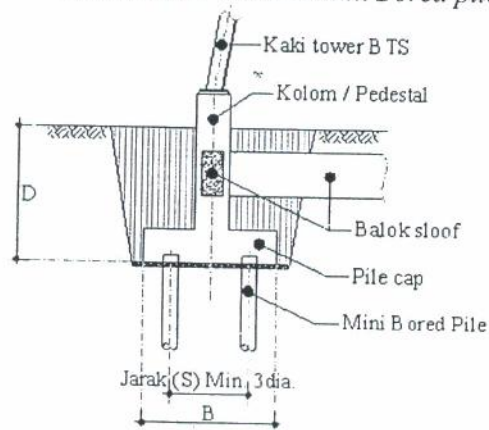
### 2.2.2. Pondasi Dalam (*Deep Foundation*)

Pondasi dalam (*Deep foundation*) berupa pondasi tiang pancang atau mini *bored pile*. Jenis pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah yang cukup kuat (lapisan tanah keras) terletak cukup dalam yaitu  $> 8$  m.

### 2.2.2.1. Pondasi *Mini Bored Pile (Bored Pile)*

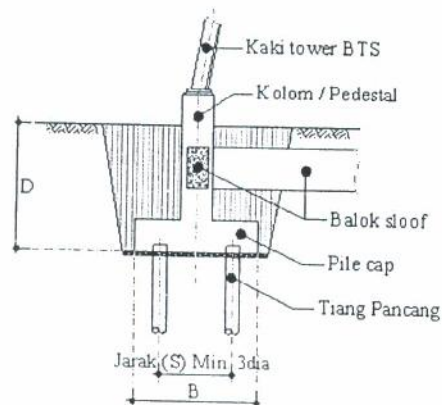


Gambar 2.11 Pondasi mini *Bored pile* (Tampak atas)



Gambar 2.12 Pondasi mini *Bored pile* (Potongan pondasi)

### 2.2.2.2. Pondasi Tiang Pancang



Gambar 2.13 Pondasi Tiang pancang (Potongan pondasi)



## 2.3. Daya Dukung Pondasi Menara Telekomunikasi (BTS)

### 2.3.1. Daya Dukung Pondasi Dangkal

Daya dukung atas dasar parameter kekuatan tanah :

Faktor – faktor daya dukung tanah  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  dapat ditentukan dengan menggunakan faktor daya dukung menurut Terzaghi. Untuk pondasi berbentuk menerus, lingkaran dan bujur sangkar, persamaan daya dukung batas yang disarankan oleh Terzaghi adalah sebagai berikut :

- Pondasi bentuk menerus :

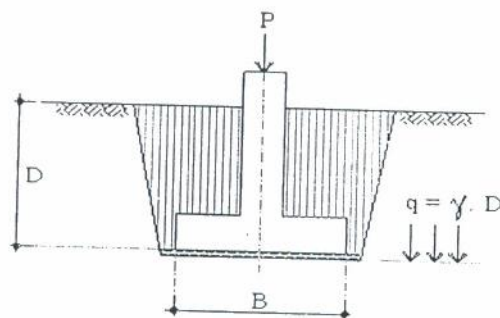
$$q_{ult} = 1.Cu.Nc + q.Nq + 0,5 \gamma . B . N\gamma$$

- Pondasi bentuk lingkaran :

$$q_{ult} = 1,3.Cu.Nc + q.Nq + 0,3 \gamma . B . N\gamma$$

- Pondasi bentuk bujur sangkar :

$$q_{ult} = 1,3.Cu.Nc + q.Nq + 0,4 \gamma . B . N\gamma$$



Gambar 2.14 Tekanan pada dasar pondasi

Keterangan :

$C_u$  = Kohesi tanah pada dasar pondasi ( $t/m^2$ )

$q$  =  $\gamma \cdot D$  = Tekanan akibat berat sendiri tanah setebal D ( $t/m^2$ )

$\gamma$  = Berat isi tanah ( $t/m^3$ )

D = Kedalaman pondasi (m)

B = Lebar pondasi (m)

$q_{ult}$  = Daya dukung batas dari tanah / daya dukung ultimate ( $t/m^2$ )

$\theta$  = Sudut geser dalam ( $^\circ$ )

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor – factor daya dukung yang merupakan fungsi dari  $\theta$ .

**Daya dukung atas dasar tahanan ujung tanah (Data Sondir) :**

Apabila tidak memungkinkan untuk menunggu data parameter tanah yang dikeluarkan oleh Laboratorium karena keterbatasan waktu atau hal lainnya, bisa menggunakan konversi nilai Tahanan ujung ( $q_c$ ) terhadap kohesi tanah ( $c$ ), dengan

nilai konversi :

$$Cu = \frac{qc}{15 \sim 30}$$

Nilai 15 ~ 30 ditentukan berdasarkan jenis tanah. Semakin tanah *kohesif* memakai angka 15, dan angka semakin membesar sampai angka 30 untuk tanah berpasir.

**Tegangan Kontak :**

$$\sigma_{th} = \frac{q_{ull}}{SF} \rightarrow SF = 3$$

$$\sigma_{kt} = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x.Y}{I_x} \pm \frac{M_y.X}{I_y}$$

$\sigma_{th} > \sigma_{kt}$

Apabila  $\sigma_{th} < \sigma_{kt}$  maka dapat dikatakan pondasi tidak aman dan akan terjadi penurunan, dengan demikian, alternative yang bisa dilakukan adalah dengan cara memperbesar telapak pondasi untuk memperkecil tegangan kontak yang terjadi, atau penambahan cerucuk untuk menambah nilai daya dukung tanah.

Dimana :

$\sigma_{th}$  = Tegangan ijin tanah ( $t/m^2$ )

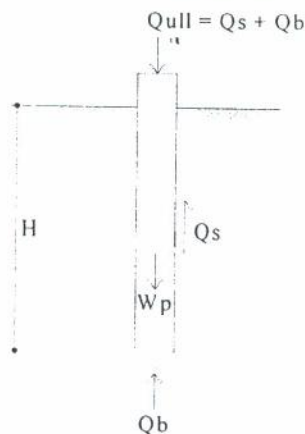
$q_{ull}$  = Daya dukung ijin tanah ( $t/m^2$ )

SF = Faktor keamanan = 3

$\sigma_{kt}$  = Tegangan kontak menara ( $t/m^2$ )

### 2.3.2. Daya Dukung Pondasi Dalam

Daya dukung tiang tunggal atas dasar parameter kekuatan tanah :



Gambar 2.15 Gaya – gaya yang bekerja pada tiang pondasi

$$Q_b = A_p \cdot q_{ull}$$

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

$$Q_{ull} = Q_b + Q_s$$

Keterangan :

Q<sub>ull</sub> : Daya dukung ijin tanah (t/m<sup>2</sup>)

Q<sub>b</sub> : Tahanan dasar (ton)

Q<sub>s</sub> : Tahanan Cerobong / Selimut tiang (m<sup>2</sup>)

W<sub>p</sub> : Berat sendiri tiang (ton)

A<sub>p</sub> : Luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

Q<sub>ull</sub> : Daya dukung total (ton)

A<sub>s</sub> : Hasil kali luas keliling cerobong (m<sup>2</sup>)

f<sub>s</sub> : Nilai rata – rata tahanan geser ultimit tiap satuan luas.

#### Daya dukung tiang tunggal atas dasar tahanan ujung tanah :

Perhitungan daya dukung tiang tunggal dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

##### Aksial Tekan :

$$P_{all} = \frac{q_c \cdot A_p}{SF_1} \pm \frac{O \cdot t_f}{SF_2} - W_p$$

Dimana :

P<sub>all</sub> : Daya dukung ijin (Kg)

q<sub>c</sub> : Tahanan ujung tanah (Kg/cm<sup>2</sup>)

A<sub>p</sub> : Luas penampang ujung tiang (cm<sup>2</sup>)

O : Keliling tiang (cm)

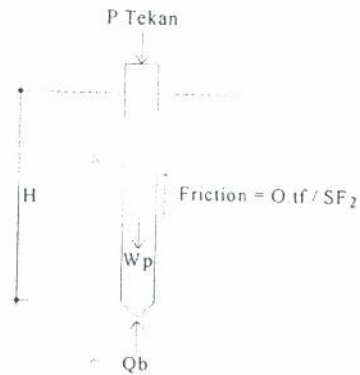
t<sub>f</sub> : Jumlah hambatan lekat (Kg/cm)

W<sub>p</sub> : Berat sendiri tiang (kg)

SF : Faktor keamanan

○ SF<sub>1</sub> = 3

○ SF<sub>2</sub> = 5



Gambar 2.16 Gaya – gaya yang bekerja pada pondasi tiang (Aksial tekan)

**Aksial Tarik :**

$$P_{all} = \frac{O \cdot t_f}{SF_2}$$

Dimana :

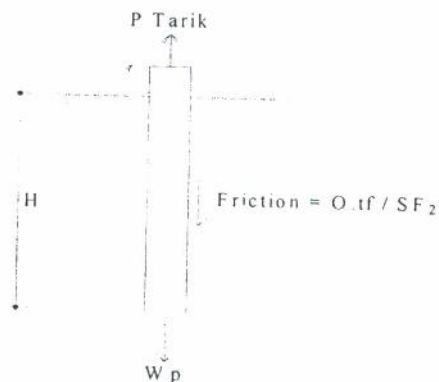
$P_{all}$  : Daya dukung ijin (Kg)

$O$  : Keliling tiang (cm)

$t_f$  : Jumlah hambatan lekat (Kg/cm)

$SF$  : Faktor keamanan

o  $SF_2 = 5$



Gambar 2.17 Gaya – gaya yang bekerja pada pondasi tiang (Aksial tarik)

**Daya dukung tiang grup :**

Daya dukung tiang grup adalah hasil kali antara Kapasitas ijin tiang tunggal dengan jumlah tiang dan faktor efisiensi grup.

Daya dukung tiang grup dijelaskan dengan persamaan seperti berikut :

$$P_{pg} = N \cdot P_{all} \cdot \eta$$

$$\eta = 1 - \phi \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90^\circ \cdot m \cdot n}$$

$$\phi = \tan^{-1} \cdot \frac{d}{S}$$

Keterangan :

$P_{pg}$  : Daya dukung kelompok tiang ( $t/m^2$ )

$N$  : Banyaknya tiang

$P_{all}$  : Daya dukung satu tiang ( $t/m^2$ )

$\eta$  : Efisiensi kelompok

$m$  : Banyaknya baris

$n$  : Banyaknya tiang pancang per baris

$d$  : Diameter tiang pancang (cm)

$S$  : Jarak antara tiang, As ke As (cm)

### Pendekatan Teori Pondasi Dalam untuk Cerucuk (*Group Pile of Cerucuk*) :

Daya Dukung Tanah Asli :

$$\bar{\sigma}_a = 1,3 C_u \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$\bar{\sigma}_a < \sigma_{kt}$$

Pada suatu lapisan tanah lunak dengan daya dukung yang rendah. Maka dengan digunakannya pondasi cerucuk, daya dukung pada lapisan tanah lunak tersebut mengalami peningkatan (menjadi tinggi). Besarnya peningkatan daya dukung tersebut dihitung berdasarkan kemampuan cerucuk tunggal memikul beban yang di iijinkan dengan menggunakan teori pondasi dalam (tahanan ujung tanah). Dimana dalam  $1 \text{ m}^2$  tanah, terdapat  $N$  buah cerucuk.

Daya Dukung Tunggal adalah :

$$P_{all} = \frac{qc \cdot Ap}{SF1} \pm \frac{O \cdot tf}{SF2}$$

Daya dukung tunggal yang dipakai dalam perhitungan maksimum 1000 kg.

Bertambahnya Daya Dukung Tanah :

$$\Delta \bar{\sigma}_a = \frac{N \cdot P_{all}}{1 \text{ m}^2}$$

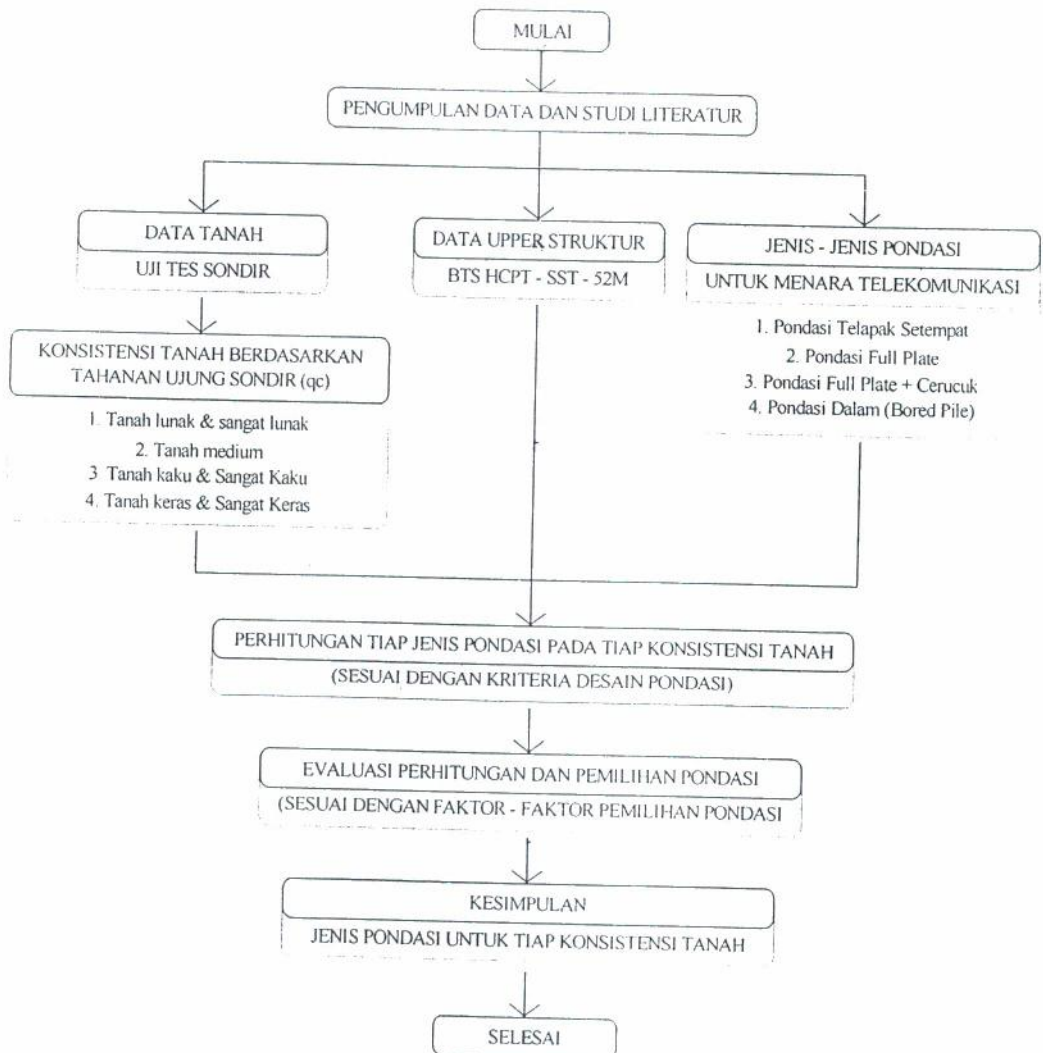
Daya Dukung tanah dengan penambahan Cerucuk :

$$\bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}_a + \Delta \bar{\sigma}_a$$

### 3. METODOLOGI PEMBAHASAN

#### 3.1. Alur Pemikiran dalam Pemilihan Tipe Pondasi Menara Telekomunikasi

Alur pemikiran dalam pembahasan pemilihan tipe pondasi berdasarkan beberapa konsistensi tanah disajikan dalam *flowchart* sebagai berikut :



Gambar 3.1. *Flowchart* / alur pemikiran pembahasan

#### 3.2. Regulasi Perencanaan Pondasi Menara Telekomunikasi Berdasarkan TIA-222 – F/G

##### 3.2.1. Definisi Umum Pondasi

1. Pondasi dan Angkur adalah Struktur yang dirancang untuk mendukung beban tertentu dan didefinisikan menjadi dua bagian ; Pondasi dan angkur standar adalah pondasi yang direncanakan untuk kondisi tanah normal sebagaimana dimaksud dalam poin 3.1.1.3. Sedangkan konstruksi pile, pondasi atau angkur yang dirancang untuk kondisi tanah terendam, dan lain – lain, tidak dianggap sebagai pondasi standar.

2. Pondasi dan angkur tidak standar adalah Struktur yang dirancang untuk mendukung beban tertentu sesuai dengan kondisi lokasi tertentu selain yang direncanakan pada kondisi tanah sesuai dengan poin 3.1.1.3.
3. Tanah normal adalah Sebuah tanah kohesif dengan daya dukung ijin vertikal 4.000 lb/ft<sup>2</sup> (1,953 kg/cm<sup>2</sup>) dan tekanan ijin horizontal 400 lb/ft<sup>2</sup> per ft kedalaman (0.585 kg/cm<sup>2</sup> per meter kedalaman).  
(Catatan: Batuan, tanah non-kohesif, tanah jenuh atau terendam tidak dikategorikan sebagai tanah normal).

### 3.2.2. Standar

1. Pondasi dan angkur yang standar dapat digunakan untuk tujuan penawaran dan untuk konstruksi ketika parameter tanah yang sebenarnya sama atau melebihi parameter tanah normal.
2. Ketika pondasi dan angkur standar telah digunakan untuk desain akhir, ini menjadi tanggung jawab pembeli untuk memverifikasi melalui penyelidikan/investigasi tanah bahwa parameter tanah di lapangan sebenarnya sama atau melebihi parameter tanah normal.
3. Pondasi dan angkur harus dirancang untuk reaksi maksimum struktur akibat beban tertentu dengan kriteria sebagai berikut:
  - a. Ketika Pondasi dan angkur standar yang akan digunakan untuk konstruksi, Parameter tanah normal dari 3.1.1.3 harus digunakan untuk desain.
  - b. Ketika Pondasi dan angkur yang tidak standar yang akan digunakan untuk konstruksi, parameter tanah yang direkomendasikan oleh ahli geoteknik harus memakai faktor keselamatan (*Safety factor*) minimal 2,0 terhadap daya dukung tanah *ultimate*.
4. Gaya angkat
  - a. Pondasi dan angkur standar, atau *bored pile* harus diasumsikan menahan gaya angkat oleh berat mereka sendiri ditambah berat tanah tertutup dalam limas terbalik atau kerucut yang sisi-sisinya membentuk sudut 30° dengan vertikal. Tanah dianggap memiliki berat 100 lb/ft<sup>3</sup> (16 kN/m<sup>3</sup>) (1,60 ton/m<sup>3</sup>) dan beton 150 lb/ft<sup>3</sup> (24 kN/m<sup>3</sup>) (2,40 ton/cm<sup>3</sup>).
  - b. *Bored pile* untuk pondasi standar harus mempunyai gaya gesek (*Friction*) 200 lb/ft<sup>2</sup> per ft kedalaman (0.293 kg/cm<sup>2</sup> per meter kedalaman) untuk maksimal 1.000 lb/ft<sup>2</sup> dari luas permukaan tiang (48 kPa) (0.488 kg/cm<sup>2</sup>) untuk menahan gaya angkat atau gaya tekan.

- c. Pondasi, angkur, dan *bored pile* yang tidak standar harus dirancang sesuai dengan rekomendasi dari hasil penyelidikan tanah.
- d. Pondasi, angkur, dan *bored pile* harus proporsional sesuai dengan:  
 $(WR / 2.0) + (WC / 1,25) \geq Up$ , dan  $(WR + WC) / 1.5 \geq Up$   
 Dimana: WR = Perlawanan tanah dari 3.1.2.4-a-b-c.  
 atau ;  
 WC = Berat beton  
 Up = Reaksi gaya angkat maksimum.
- e. Pondasi rakit harus memiliki faktor keamanan terhadap Momen guling minimal 1,5.
5. Kedalaman *Bored pile* standar akibat beban lateral atau momen guling harus proporsional sesuai dengan:  
 $LD \geq 2.0 + S / (3d) + 2 [S^2 / (18d^2) + S / 2 + M / (3d)]^{1/2}$  (ft)  
 $LD > .61 + S / (143d) + 2 [S^2 / (41333d^2) + S/96 + M / (143d)]^{1/2}$  (m)  
 Dimana:  
 LD = Kedalaman *Bored pile* dari permukaan tanah (ft) (m)  
 d = Diameter *Bored pile* (ft) (m)  
 S = Gaya geser di permukaan tanah (kips) (kN)  
 M = Momen guling pada permukaan tanah (ft-kips) (m-kN)  
*Reference: Broms, B., "Design of Laterally Loaded Piles", Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division Proceedings of the American Society of Civil Engineers, May, 1965.*

### 3.2.3. Kondisi Khusus

1. Ketika pondasi dirancang oleh selain *Manufacturers, Manufacturers* akan bertanggung jawab untuk kelengkapan reaksi, berat, dan *Interface details* untuk *Purchaser engineer* untuk memberikan lampiran yang diperlukan.
2. Efek dari keberadaan air, akan diperhitungkan dalam desain pondasi yang tidak standar. Penurunan berat material karena daya apung dan efek pada sifat tanah dalam kondisi terendam harus dipertimbangkan.

### 3.2.4. Penggambaran Pondasi

1. Gambar pondasi harus menunjukkan reaksi struktur, kekuatan bahan, dimensi, perkuatan baja, Tipe material *embedded* angkur, ukuran, dan lokasi. Pondasi dirancang untuk kondisi tanah normal harus juga diperhatikan.  
 (Catatan: Parameter desain tanah normal dan metodenya disajikan untuk



mendapatkan keseragaman dalam desain pondasi dan angkur standar untuk keperluan penawaran. Metode desain untuk kondisi lain dan pondasi jenis lain harus konsisten dengan persetujuan engineer).

### 3.3. Kriteria Desain Pondasi untuk Menara BTS

#### 3.3.1. Kriteria Desain untuk Pondasi Full plate

##### 3.3.1.1. Daya Dukung Ijin Tanah

Daya dukung ijin tanah adalah daya dukung ultimate tanah setelah dibagi faktor keamanan. Pada perhitungan pada bab selanjutnya, faktor keamanan yang dipakai untuk daya dukung ijin tanah adalah 3.

Daya dukung tanah yang dipakai dalam perhitungan maksimum adalah 20 ton/m<sup>2</sup>.

Tegangan kontak yang terjadi pada telapak pondasi yang diakibatkan oleh beban vertikal dan beban momen, harus lebih kecil dari daya dukung ijin tanah tetapi tidak lebih kecil dari nol.

Tegangan kontak yang terjadi harus diperhitungkan dari minimal dua kombinasi pembebanan pada perhitungan struktur atas, yaitu pembebanan akibat angin dengan arah sejajar menara BTS, dan pembebanan akibat angin dengan arah diagonal menara BTS.

Faktor yang dapat mempengaruhi dan merubah besar kecilnya tegangan kontak adalah dimensi pondasi. Dimana semakin besar dimensi pondasi akan mengakibatkan semakin kecil tegangan kontak yang terjadi. Apabila tegangan kontak yang terjadi masih lebih besar dari daya dukung ijin tanah, maka alternatif nya adalah memperdalam pondasi dengan tujuan dapat memperoleh daya dukung yang lebih baik.

Apabila kedalaman sudah tidak memungkinkan atau sudah dianggap tidak efektif, maka harus dipertimbangkan untuk memakai tipe pondasi lain.

##### 3.3.1.2. Momen Tahanan Guling

Momen tahanan guling adalah kekuatan pondasi untuk melawan atau menahan momen guling yang bekerja. Momen tahanan guling dihasilkan dari jumlah gaya vertikal yang bekerja pada pondasi dikalikan dengan jaraknya terhadap titik guling.

Faktor – faktor yang memepengaruhi besar kecilnya momen tahanan guling adalah : Gaya vertikal yang terdiri dari gaya akibat struktur

tower BTS, gaya akibat berat sendiri pondasi, dan gaya akibat beratnya timbunan tanah diatas pondasi, serta dimensi pondasi.

Momen guling harus dihitung minimal dari 2 arah yang berbeda, yaitu arah sejajar menara BTS, dan arah diagonal menara BTS.

Momen tahanan guling harus didesain memiliki *safety factor* minimum 3.

Apabila momen tahanan guling yang terjadi lebih kecil dari momen guling maka alternatif nya pondasi harus dibuat dengan dimensi lebih lebar atau dengan lebih dalam. Apabila kedua cara tersebut sudah tidak memungkinkan atau sudah dianggap tidak efektif, maka harus dipertimbangkan dengan memakai pondasi tipe lain.

#### 3.3.1.3. Kekuatan Pondasi

Ketebalan dan mutu beton pondasi harus dihitung mampu menahan gaya geser pons serta gaya vertikal yang bekerja. Dan penulangan pondasi, pedestal, dan sloof harus didesain kuat menahan gaya aksial, lintang, dan gaya momen yang terjadi.

#### 3.3.2. Kriteria Desain untuk Pondasi Full plate + Cerucuk

Kriteria desain pondasi full plate + cerucuk adalah sama halnya dengan kriteria desain untuk pondasi full plate yang dijelaskan pada sub bab 3.2.1. Penambahan penjelasan untuk pondasi full plate + cerucuk adalah dimana daya dukung ijin tanah yang diperhitungkan merupakan penjumlahan antara daya dukung ijin tanah ditambah dengan total daya dukung tiang cerucuk.

Kapasitas cerucuk tunggal dalam perhitungan dipakai maksimum 1000 kg untuk tipe cerucuk bambu.

Apabila daya dukung yang dihasilkan setelah adanya penambahan cerucuk belum juga mencukupi atau sudah dianggap tidak efektif, maka harus dipertimbangkan dengan menggunakan tipe pondasi dalam.

#### 3.3.3. Kriteria Desain untuk Pondasi Telapak Setempat

##### 3.3.3.1. Daya Dukung Ijin Tanah

Penjelasan untuk daya dukung ijin tanah sama dengan penjelasan pada sub bab 3.2.1.1

##### 3.3.3.2. Tahanan Gaya Angkat

Tahanan gaya angkat adalah kekuatan pondasi untuk melawan dan menahan gaya angkat yang terjadi. Tahanan gaya angkat pondasi dihasilkan dari total penjumlahan gaya yang bekerja ; berat sendiri pondasi ditambah dengan berat tanah timbunan pondasi.

Tahanan gaya angkat harus didesain memiliki *safety factor* minimum 1,5 terhadap gaya angkat yang bekerja.

Apabila tahanan gaya angkat lebih kecil dari gaya angkat yang terjadi maka alternatif nya adalah dengan memperlebar telapak pondasi atau memperdalam pondasi. Apabila kedua alternatif tersebut sudah tidak memungkinkan atau sudah dianggap tidak lagi efektif, maka harus dipertimbangkan untuk memakai pondasi tipe lainnya.

#### 3.3.3.3. Kekuatan Pondasi

Ketebalan dan mutu beton pondasi harus dihitung mampu menahan gaya geser pondasi serta gaya vertikal yang bekerja. Dan penulangan pondasi, pedestal, dan sloof harus didesain kuat menahan gaya aksial, lintang, dan gaya momen yang terjadi.

#### 3.3.4. Kriteria Desain untuk Pondasi Dalam (Telapak Setempat + *Bored pile* atau Tiang Pancang)

##### 3.3.4.1. Daya Dukung Pondasi Dalam

Daya dukung tiang tunggal pondasi dalam dihasilkan dari penjumlahan tahanan selimut tiang dengan tahanan ujung tiang.

Daya dukung tiang grup adalah hasil kali dari kapasitas daya dukung tiang tunggal dengan jumlah tiang dan faktor efisiensi untuk tiang grup seperti dijelaskan pada bab 2 sub bab 2.3.4.2.

Daya dukung ijin pondasi dalam harus lebih besar dari gaya vertikal yang bekerja.

Apabila daya dukung yang dihasilkan lebih kecil dari gaya vertikal yang bekerja maka alternatifnya adalah memperdalam tiang sampai pada lapisan tanah yang lebih keras, dengan cara menambahkan jumlah tiang, atau dengan cara memperbesar dimensi tiang. Apabila ketiga cara tersebut sudah tidak memungkinkan dan atau sudah dianggap tidak efektif, maka harus dipertimbangkan memakai pondasi tipe lain.

### 3.3.4.2. Tahanan Gaya Angkat

Tahanan gaya angkat adalah kekuatan pondasi untuk melawan dan menahan gaya angkat yang terjadi. Tahanan gaya angkat pondasi dihasilkan dari total penjumlahan gaya yang bekerja ; berat sendiri pondasi dan tiang ditambah dengan berat tanah timbunan pondasi dan total gaya gesek selimut tiang terhadap tanah.

Tahanan gaya angkat harus didesain memiliki *safety factor* minimum 1,5 terhadap gaya angkat yang bekerja.

Apabila tahanan gaya angkat lebih kecil dari gaya angkat yang terjadi maka alternatif nya adalah dengan memperlebar telapak pondasi, memperdalam tiang bor, memperbesar dimensi tiang bor, atau memperdalam *pilecap*. Apabila alternatif tersebut sudah tidak memungkinkan atau sudah dianggap tidak lagi efektif, maka harus dipertimbangkan untuk memakai pondasi tipe lainnya.

### 3.3.4.3. Kekuatan Pondasi

Ketebalan dan mutu beton pondasi harus dihitung mampu menahan gaya geser pondasi serta gaya vertikal yang bekerja. Dan penulangan pondasi, pedestal, dan sloof harus didesain kuat menahan gaya aksial, lintang, dan gaya momen yang terjadi.

## 3.4. Klasifikasi dan Parameter Tanah pada Perencanaan Pondasi BTS

Klasifikasi Tanah Berdasarkan Konsistensi Tanah :

Tabel dibawah ini menjelaskan pembagian klasifikasi tanah berdasarkan nilai  $q_c$  tanah.

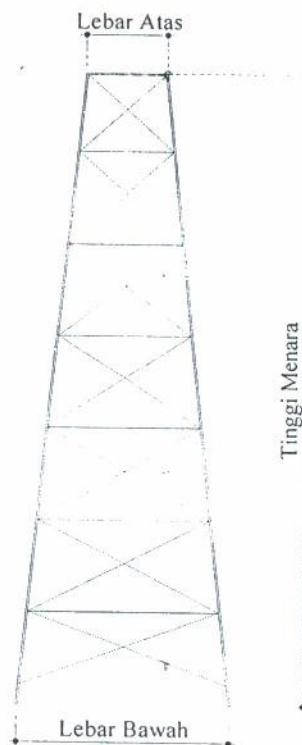
Tabel 3.1. Konsistensi tanah berdasarkan nilai tahanan ujung konus ( $q_c$ )

Nilai tahanan ujung konus ( $q_c$ ) $\text{Kg/cm}^2$	Istilah Konsistensi untuk tanah lempung	Istilah Konsistensi untuk tanah berpasir
< 4	Sangat lunak	Sangat lepas
4 – 8	Lunak	Lepas
9 – 15	Medium	Medium
16 – 30	Kaku	Padat
31 – 100	Sangat Kaku	Sangat Padat
101 – 200	Keras	Keras
> 200	Sangat Keras	Sangat Keras

### 3.5. Spesifikasi teknis menara HCPT – SST – 52m

Menara HCPT – SST – 52m yang akan dipakai dalam analisa perhitungan bab selanjutnya memiliki spesifikasi teknis seperti berikut :

Tinggi menara	: 52 meter
Tipe menara	: Empat kaki ( <i>SST Quarter Leg</i> )
Lebar bawah menara	: 5,135 meter
Lebar atas menara	: 1,300 meter
Berat struktur menara	: 16.272 Kgf
Jumlah antenna GSM	: 24 Unit
Jumlah antenna parabola (Microwave)	: 8 Unit



Gambar 3.2 Dimensi menara HCPT – SST – 52m

## 4. ANALISA PEMBAHASAN

### 4.1. Faktor – faktor Pemilihan Pondasi Menara BTS

Ada beberapa faktor yang menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan tipe pondasi menara BTS. Faktor – faktor tersebut adalah :

#### 4.1.1. Faktor Stabilitas

Faktor – faktor lain yang memberikan pengaruh signifikan terhadap faktor stabilitas tersebut antara lain :

#### 1. Jenis Tanah

Jenis tanah yang berbeda akan mempunyai daya dukung yang berbeda, sehingga jenis tanah sangat mempengaruhi dalam pemilihan jenis pondasi.

#### 2. Beban Struktur Atas

Berdasarkan prinsip tegangan, pada tipe tanah yang sama, besarnya beban struktur atas akan berbanding lurus dengan besarnya dimensi pondasi yang diperlukan.

#### 4.1.2. Faktor Efisiensi

Tipe pondasi yang dipakai adalah diurutkan berdasarkan dari tingkat efisiensi biaya maupun proses pengerjaannya.

Pada sub bab ini, akan dibahas volume dari masing – masing jenis pondasi sebagai acuan tingkat efisiensi untuk tiap jenis pondasi yang akan digunakan.

##### 1. Volume untuk Pondasi *Full Plate*

Dimensi Pondasi <i>Full Plate</i>		
B = H	Tebal	Kedalaman
8 meter	0.4 meter	2.5 meter
Uraian		Volume
Telapak Pondasi		25.600 M <sup>3</sup>
Pedestal (50x50)		2.500 M <sup>3</sup>
Tie Beam (30x50)		2.181 M <sup>3</sup>
Total Volume Beton		30.281 M <sup>3</sup>
Galian Tanah		210.600 M <sup>3</sup>

Pondasi *Full plate* dengan dimensi 8 meter x 8 meter x 0,4 meter untuk menara HCPT – SST – 52m dengan lebar bawah 5,135 meter, memerlukan total volume beton 30,281 m<sup>3</sup> dan galian tanah 210,600 m<sup>3</sup>.

2. Volume untuk Pondasi *Full Plate* + Cerucuk

Dimensi Pondasi <i>Full Plate</i> + Cerucuk		
B = H	Tebal	Kedalaman
8 meter	0.4 meter	2.5 meter
Uraian		Volume
Telapak Pondasi		25.600 M <sup>3</sup>
Pedestal (50x50)		2.500 M <sup>3</sup>
Tie Beam (30x50)		2.181 M <sup>3</sup>
Total Volume Beton		30.281 M <sup>3</sup>
Cerucuk		Sesuai kebutuhan daya dukung
Galian Tanah		210.600 M <sup>3</sup>

Pondasi *Full plate* + cerucuk memerlukan total volume beton dan total galian tanah sama dengan Pondasi *Full Plate*, dengan tambahan cerucuk sesuai dengan kebutuhan daya dukung tanah.

3. Volume untuk Pondasi Telapak Setempat

Dimensi Pondasi Telapak Setempat		
B = H	Tebal	Kedalaman
3 meter	0.4 meter	2.5 meter
Uraian		Volume
Telapak Pondasi		14.400 M <sup>3</sup>
Pedestal (50x50)		2.500 M <sup>3</sup>
Tie Beam (30x50)		2.181 M <sup>3</sup>
Total Volume Beton		19.081 M <sup>3</sup>
Galian Tanah		166.400 M <sup>3</sup>

Pondasi Telapak Setempat dengan dimensi 3 meter x 3 meter x 0,4 meter memerlukan total volume beton 19,081 m<sup>3</sup> dan galian tanah 166,400 m<sup>3</sup>.

4. Volume untuk Pondasi Dalam (*Bored Pile*)

Dimensi <i>Pilecap</i>		
B = H	Tebal <i>Pilecap</i>	Kedalaman
2.1 meter	0.6 meter	2 meter
Uraian		Volume
<i>Pilecap</i>		10.584 M <sup>3</sup>
Pedestal (50x50)		1.800 M <sup>3</sup>
Tie Beam (30x50)		2.181 M <sup>3</sup>
Bored Pile 4 x 4-Ø30cm (Kedalaman asumsi 13 meter)		14.695 M <sup>3</sup>
Total Volume Beton		29.260 M <sup>3</sup>
Galian Tanah		95.419 M <sup>3</sup>

Pondasi Dalam (*Bored Pile*) dengan dimensi pilecap 2,1 meter x 2,1 meter x 0,6 meter dan Bored Pile Ø30cm x 13 meter memerlukan total volume beton 29,260 m<sup>3</sup> dan galian tanah 95,419 m<sup>3</sup>.

Dilihat dari uraian volume untuk masing – masing tipe pondasi diatas, berdasarkan volume beton dan galian, maka berdasarkan faktor efisiensi, jenis pondasi diurutkan dari yang paling efisien berturut – turut adalah :

1. Pondasi telapak setempat
2. Pondasi Full Plate
3. Pondasi Full Plate + Cerucuk
4. Pondasi Dalam (*Bored pile*)

#### 4.1.3. Kemudahan dan Kemungkinan untuk Dikerjakan

Pemilihan jenis pondasi tidak hanya melihat aspek kekuatan pondasi, tetapi juga faktor pelaksanaan di lapangan.

Pada tanah berpasir, penggunaan pondasi *bored pile* tidak mungkin tanpa casing. Atau pada tanah keras yang sulit untuk digali tidak mungkin memaksakan untuk menggali tanah.

Kendala – kendala dan kondisi dilapangan akan memberikan pengaruh terhadap pemilihan jenis pondasi yang akan dipakai, sehingga bisa dilaksanakan atau yang paling mudah dalam proses pelaksanaan maupun mobilisasi lah yang akan diaplikasikan di lapangan.

## 4.2. Perhitungan Pondasi Menara BTS Pada Tiap Konsistensi Tanah

### 4.2.1. Perhitungan Pondasi Telapak setempat Pada tiap Konsistensi Tanah

#### 4.2.1.1. Rencana Dimensi Pondasi Telapak setempat

Pondasi telapak direncanakan dengan dimensi sebagai berikut :

Lebar Pondasi arah X (B) = 300 cm

Lebar Pondasi arah Y (L) = 300 cm

Kedalaman Pondasi (D) = 250 cm

Ketebalan Pondasi (d) = 40 cm

Dimensi Kolom (c) x (c) = 50 cm

Tinggi Kolom (a) = 250 cm

Dimensi Sloof (b) = 30 cm (h) = 50 cm

Ketinggian Sloof (e) = 150 cm

Jarak antar Kolom = 513,50 cm

Berat Jenis Beton Pondasi = 2,4 ton/m<sup>3</sup> (2.400 kg/m<sup>3</sup>).



- 4.2.1.2. Perhitungan Pondasi Telapak-Setempat pada Tanah Lunak
- 4.2.1.3. Perhitungan Pondasi Telapak Setempat pada Tanah Medium
- 4.2.1.4. Perhitungan Pondasi Telapak Setempat pada Tanah Kaku & Sangat kaku
- 4.2.1.5. Perhitungan Pondasi Telapak Setempat pada Tanah Keras dengan kondisi tanah dapat digali
- 4.2.1.6. Perhitungan Pondasi Telapak Setempat + Urug pada Tanah Keras dengan kondisi tanah Tidak dapat digali

#### 4.2.2. Perhitungan Pondasi *Full Plate* Pada tiap Konsistensi Tanah

##### 4.2.2.1. Rencana Dimensi Pondasi *Full Plate*

Pondasi *Full Plate* direncanakan dengan dimensi sebagai berikut :

Lebar Pondasi arah X (B)	=	850 cm	
Lebar Pondasi arah Y (L)	=	850 cm	
Kedalaman Pondasi (D)	=	250 cm	
Ketebalan Pondasi (d)	=	40 cm	
Dimensi Kolom (c) x (c)	=	50 cm	
Tinggi Kolom (a)	=	250 cm	
Dimensi Sloof (b)	=	30 cm	(h) = 50 cm
Ketinggian Sloof (e)	=	150 cm	
Jarak Kolom (C)	=	513,5 cm	
Berat Jenis Beton Pondasi	=	2,4 ton/m <sup>3</sup> (2.400 kg/m <sup>3</sup> ).	

- 4.2.2.2. Perhitungan Pondasi *Full Plate* pada Tanah Lunak
- 4.2.2.3. Perhitungan Pondasi *Full Plate* pada Tanah Medium
- 4.2.2.4. Perhitungan Pondasi *Full Plate* pada Tanah Kaku & Sangat kaku
- 4.2.2.5. Perhitungan Pondasi *Full Plate* pada Tanah Keras dengan Kondisi Tanah
- 4.2.2.6. Perhitungan Pondasi *Full Plate* + Urug pada Tanah Keras dengan kondisi tanah Tidak dapat digali (Tinggi Urugan Maksimum 2 meter)

Kapasitas Daya Dukung Tanah :

#### 4.2.3. Perhitungan Pondasi *Full Plate* + Cerucuk Pada tiap Konsistensi Tanah

##### 4.2.3.1. Rencana Dimensi Pondasi *Full Plate* + Cerucuk

Pondasi *Full Plate* + Cerucuk direncanakan dengan dimensi sebagai berikut :

Lebar Pondasi arah X (B)	=	850 cm
Lebar Pondasi arah Y (L)	=	850 cm
Kedalaman Pondasi (D)	=	250 cm
Ketebalan Pondasi (d)	=	40 cm

- Dimensi Kolom (c) x (c) = 50 cm
- Tinggi Kolom (a) = 250 cm
- Dimensi Sloof (b) = 30 cm (h) = 50 cm
- Ketinggian Sloof (e) = 150 cm
- Jarak Kolom (C) = 513,5 cm
- Berat Jenis Beton Pondasi = 2,4 ton/m<sup>3</sup> (2.400 kg/m<sup>3</sup>).
- Diameter cerucuk digunakan = 10 cm
- Kedalaman cerucuk = 400 cm dari bawah pondasi
- 4.2.3.2. Perhitungan Pondasi *Full Plate* + Cerucuk pada Tanah Lunak
- 4.2.3.3. Perhitungan Pondasi *Full Plate* + Cerucuk pada Tanah Medium

#### 4.2.4. Perhitungan Pondasi *Bored pile* pada tiap Konsistensi Tanah

##### 4.2.4.1. Rencana Dimensi *Pilecap* dan *Bored pile*

*Pilecap* direncanakan dengan dimensi sebagai berikut :

- Lebar *Pilecap* arah X (B) = 210 cm
- Lebar *Pilecap* arah Y (L) = 210 cm
- Kedalaman *Pilecap* (D) = 200 cm
- Ketebalan *Pilecap* (d) = 60 cm
- Dimensi Kolom (c) x (c) = 50 cm
- Tinggi Kolom (a) = 180 cm
- Dimensi Sloof (b) = 30 cm (h) = 50 cm
- Ketinggian Sloof (e) = 90 cm
- Jarak antar Kolom = 513,50 cm
- Berat Jenis Beton Pondasi = 2,4 ton/m<sup>3</sup> (2.400 kg/m<sup>3</sup>).
- Diameter *Bored pile* = Ø30 cm
- Jarak *Bored pile* (S) = 120 cm
- Jarak *Bored pile* ke tepi *pilecap* (Z) = 50 cm
- Kedalaman *Bored pile* (Dp) = 1000 cm
- Jumlah *Bored pile* = 4 Buah
- 4.2.4.2. Perhitungan Pondasi *Bored Pile* pada Tanah Lunak dengan lapisan tanah keras pada kedalaman 12 meter
- 4.2.4.3. Perhitungan Pondasi *Bored Pile* pada Tanah Lunak dengan lapisan tanah keras sangat dalam
- 4.2.4.4. Perhitungan Pondasi *Bored Pile* pada Tanah Medium
- 4.2.4.5. Perhitungan Pondasi *Bored Pile* pada Tanah Kaku

#### 4.3. Evaluasi Hasil Perhitungan Tiap Jenis Pondasi pada Tiap Konsistensi Tanah

Hasil Perhitungan Tiap Jenis Pondasi pada Tiap Konsistensi Tanah dapat disajikan kedalam tabel berikut :

Tabel 4.1. Evaluasi hasil perhitungan tiap jenis pondasi pada tiap konsistensi tanah

Konsistensi Tanah Pada dasar Pondasi	Kondisi Tanah	Jenis Pondasi	Hasil Perhitungan
Tanah Lunak & Sangat Lunak	Lapisan tanah keras terlalu dalam	1. Pondasi Setempat	Tidak memenuhi kriteria desain
		2. Pondasi <i>Full Plate</i>	Tidak memenuhi kriteria desain
		3. Pondasi <i>Full Plate</i> + Cerucuk	Memenuhi kriteria desain
		4. Pondasi <i>Bored Pile</i>	Memenuhi kriteria desain
	Terdapat lapisan tanah keras tidak terlalu dalam	1. Pondasi Setempat	Tidak memenuhi kriteria desain
		2. Pondasi <i>Full Plate</i>	Tidak memenuhi kriteria desain
		3. Pondasi <i>Full Plate</i> + Cerucuk	Memenuhi kriteria desain
		4. Pondasi <i>Bored Pile</i>	Memenuhi kriteria desain
Tanah Medium		1. Pondasi Setempat	Memenuhi kriteria desain
		2. Pondasi <i>Full Plate</i>	Memenuhi kriteria desain
		3. Pondasi <i>Full Plate</i> + Cerucuk	Memenuhi kriteria desain
		4. Pondasi <i>Bored Pile</i>	Memenuhi kriteria desain
Tanah Kaku & Sangat Kaku		1. Pondasi Setempat	Memenuhi kriteria desain
		2. Pondasi <i>Full Plate</i>	Memenuhi kriteria desain
		3. Pondasi <i>Full Plate</i> + Cerucuk	Tidak dilakukan perhitungan
		4. Pondasi <i>Bored Pile</i>	Tidak diperlukan <i>Bored Pile</i>
Tanah Keras & Sangat Keras	Lapisan tanah keras Kondisi tanah dapat digali	1. Pondasi Setempat	Memenuhi kriteria desain
		2. Pondasi <i>Full Plate</i>	Memenuhi kriteria desain
		3. Pondasi <i>Full Plate</i> + Cerucuk	Tidak dilakukan perhitungan
		4. Pondasi <i>Bored Pile</i>	Tidak dilakukan perhitungan
	Lapisan tanah keras Kondisi tanah tidak dapat digali	1. Pondasi Setempat + Urug	Tidak memenuhi kriteria desain
		2. Pondasi <i>Full Plate</i> + Urug	Memenuhi kriteria desain
		3. Pondasi <i>Full Plate</i> + Cerucuk	Tidak dilakukan perhitungan
		4. Pondasi <i>Bored Pile</i>	Tidak dilakukan perhitungan

Dari tabel hasil evaluasi perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada tanah lunak dan sangat lunak dengan lapisan tanah keras sangat dalam, atau tidak terdapat lapisan tanah keras, jenis pondasi yang memenuhi kriteria desain sehingga bisa digunakan adalah Pondasi *Full Plate* + *Cerucuk* dan Pondasi *Bored Pile*.
2. Pada tanah lunak dan sangat lunak dengan mendapatkan lapisan tanah keras, jenis pondasi yang memenuhi kriteria desain sehingga bisa digunakan adalah Pondasi *Full Plate* + *Cerucuk* dan Pondasi *Bored Pile*.
3. Pada tanah medium, semua jenis pondasi dalam perhitungan didapat telah memenuhi kriteria desain sehingga bisa digunakan, jenis pondasi tersebut yaitu : Pondasi Telapak Setempat, Pondasi *Full Plate*, Pondasi *Full Plate* + *Cerucuk*, dan Pondasi *Bored Pile*. Pondasi yang akan menjadi pilihan pertama dalam perencanaan adalah pondasi yang dinilai paling efisien dan mudah dalam proses pengerjaan.

4. Pada Tanah kaku, jenis pondasi yang memenuhi kriteria desain adalah Pondasi Telapak Setempat dan Pondasi *Full Plate*.

Pada tanah kaku, Pondasi *Full Plate* + *Cerucuk* tidak dilakukan perhitungan karena dengan asumsi pada tanah kaku akan sangat sulit untuk menanamkan cerucuk. Sementara Dalam perhitungan, penambahan pondasi *bored pile* dinilai tidak perlu, dikarenakan daya dukung tanah sudah jauh melebihi tegangan kontak yang terjadi.

5. Pada Tanah Keras dengan kondisi tanah masih bisa dilakukan galian, Jenis pondasi yang memenuhi kriteria desain adalah pondasi Telapak Setempat dan Pondasi *Full Plate*.

Sedangkan Pondasi *Full plate* + *Cerucuk* dan Pondasi *Bored Pile* tidak dilakukan perhitungan karena disamping tidak perlu adanya tambahan daya dukung dari cerucuk dan *bored pile*, juga diasumsikan tidak bisa atau sulit diaplikasikan pada tanah keras.

6. Pada Tanah Keras dengan kondisi tanah sulit untuk dilakukan galian, Jenis Pondasi yang memenuhi kriteria desain adalah Pondasi *Full Plate* + Urug.

Pondasi Telapak Setempat + Urug tidak memenuhi kriteria desain karena tidak mampu menahan gaya angkat yang bekerja.

Sedangkan Pondasi *Full plate* + *Cerucuk* dan Pondasi *Bored Pile* tidak dilakukan perhitungan karena disamping tidak perlu adanya tambahan daya dukung dari cerucuk dan *bored pile*, juga diasumsikan tidak bisa atau sulit diaplikasikan pada tanah keras.

## 5. KESIMPULAN

Dari pembahasan dan perhitungan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor – faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan tipe pondasi adalah :

- a. Faktor Stabilitas
  - o Jenis tanah
  - o Beban Struktur Atas

- b. Faktor Efisiensi

Jenis Pondasi Menara Telekomunikasi apabila diurutkan dari tingkat paling efisien berturut – turut adalah :

- o Pondasi telapak Setempat
- o Pondasi *Full Plate*
- o Pondasi *Full Plate* + *Cerucuk*
- o Pondasi *Bored Pile*

- c. Kemudahan dan Kemungkinan untuk dikerjakan

2. Jenis Pondasi yang dapat dipakai pada Tanah Lunak dengan lapisan Tanah Keras Sangat dalam, berturut – turut dari tingkat yang paling efisien adalah :
  - o Pondasi *Full Plate* + Cerucuk
  - o Pondasi *Bored Pile*
3. Jenis Pondasi yang dapat dipakai pada Tanah Lunak dengan masih menemukan lapisan Tanah Keras, berturut – turut dari tingkat yang paling efisien adalah :
  - o Pondasi *Full Plate* + Cerucuk
  - o Pondasi *Bored Pile*
4. Jenis Pondasi yang dapat dipakai pada Tanah Medium, berturut – turut dari tingkat yang paling efisien adalah :
  - o Pondasi Telapak Setempat
  - o Pondasi *Full Plate*
  - o Pondasi *Full Plate* + Cerucuk
  - o Pondasi *Bored Pile*
5. Jenis Pondasi yang dapat dipakai pada Tanah Kaku dan Sangat Kaku, berturut – turut dari tingkat yang paling efisien adalah :
  - o Pondasi Telapak Setempat
  - o Pondasi *Full Plate*
6. Jenis Pondasi yang dapat dipakai pada Tanah Keras dan Sangat Keras dengan kondisi tanah masih dapat digali, berturut – turut dari tingkat yang paling efisien adalah :
  - o Pondasi Telapak Setempat
  - o Pondasi *Full Plate*
7. Jenis Pondasi yang dapat dipakai pada Tanah Keras dan Sangat Keras dengan kondisi tanah tidak dapat digali adalah : Pondasi *Full Plate* + Tanah Urug.
8. Hasil perhitungan dan pembahasan bisa disimpulkan ke dalam tabel sebagai berikut :
- 9.

Tabel 5.1 Tipe pondasi yang dipakai pada jenis tanah normal (*Clay*) diurutkan dari tingkat yang paling efisien

Konsistensi tanah pada kedalaman rencana dasar pondasi	Tahanan ujung konus pada kedalaman rencana dasar pondasi (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan	Jenis Pondasi yang dipakai
Tanah sangat lunak dan Tanah lunak	≤ 8	Tidak terdapat tanah keras atau tanah keras sangat dalam	1. <i>Full Plate</i> + Cerucuk 2. Pondasi dalam
		Terdapat tanah keras	1. <i>Full Plate</i> + Cerucuk 2. Pondasi dalam

Tanah Medium	9 - 15	-	1. Pondasi Setempat 2. Pondasi <i>Full plate</i> 3. Pondasi <i>Full Plate</i> + Cerucuk 4. Pondasi <i>Bored Pile</i>
Tanah kaku dan tanah sangat kaku	16 - 100	-	1. Pondasi Setempat 2. Pondasi <i>Full Plate</i>
Tanah keras	101 - 250	Kondisi tanah dapat digali	1. Pondasi setempat 2. Pondasi <i>Full Plate</i>
		Kondisi tanah Tidak dapat digali	Pondasi <i>Full plate</i> + tanah urug

Tabel 5.2 Tipe pondasi yang dipakai pada jenis tanah pasir (*Sand*) diurutkan dari tingkat yang paling efisien

Jenis tanah pada kedalaman rencana dasar pondasi	Tahanan ujung konus pada kedalaman rencana dasar pondasi (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan	Jenis Pondasi yang dipakai
Tanah sangat lepas dan Tanah lepas	≤ 8	Tidak terdapat tanah keras atau tanah keras sangat dalam	1. <i>Full Plate</i> + Cerucuk 2. Pondasi dalam
		Terdapat tanah keras	1. <i>Full Plate</i> + Cerucuk 2. Pondasi dalam
Tanah Medium	9 - 15	Kohesi sangat kecil sehingga mudah terjadi longsor ketika digali	1. Pondasi <i>Full plate</i> 2. Pondasi <i>Full plate</i> + Cerucuk 3. Pondasi <i>Bored Pile</i>
		Kohesi cukup besar sehingga mudah untuk dilakukan galian pondasi	1. Pondasi Setempat 2. Pondasi <i>Full plate</i> 3. Pondasi <i>Full plate</i> + Cerucuk 4. Pondasi <i>Bored Pile</i>
Tanah padat dan tanah sangat padat	16 - 100	Kohesi sangat kecil sehingga mudah terjadi longsor ketika digali	Pondasi <i>Full plate</i>
		Kohesi cukup besar sehingga mudah untuk dilakukan galian pondasi	1. Pondasi Setempat 2. Pondasi <i>Full Plate</i>
Tanah keras	101 - 250	Kohesi sangat kecil sehingga mudah terjadi longsor ketika digali	Pondasi <i>Full plate</i>
		Kohesi cukup besar sehingga mudah untuk dilakukan galian pondasi	1. Pondasi Setempat 2. Pondasi <i>Full Plate</i>
		Kondisi Tanah Tidak dapat digali	Pondasi <i>Full plate</i> + tanah urug

## DAFTAR PUSTAKA

1. Braja M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis (Jilid 1))*, Penerbit Erlangga, Surabaya, 1988.
2. Braja M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis (Jilid 2))*, Penerbit Erlangga, Surabaya, 1995.
3. Braja M. Das, *Principles of Foundation Engineering (Second Edition)*, PWS – KENT Publishing Company, Boston, 1990.
4. H. G. Poulos, E. H. Davis, *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley & Sons, New York, 1976.
5. Cheng Liu, *Soils and Foundations*, Prentice – Hall Inc, New Jersey, 1981.
6. Telecommunication Industry Association, *Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structures (TIA/EIA – 222 – F)*, Arlington, 1996.
7. Telecommunication Industry Association, *Structural Standards for Antenna Supporting Structures and Antennas (TIA/EIA – 222 – G)*, Arlington, 2005.
8. Hardiyatmo, Harry Christady, *Teknik Pondasi I*, Beta Offset, 2006.
9. Sardjono HS, Ir. *Pondasi Tiang Pancang (Jilid I)*, 1984.
10. L.D. Wesley, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1977.
11. Solusindo Kreasi Pratama PT, *Menara HCPT – SST – 52m Quarter Legs*, Makasar Sulawesi Selatan.
12. Laboratorium Teknik Sipil Geoinves, *Data tanah Proyek Menara Telekomunikasi*, Kapias – Pulobuaya.
13. Laboratorium Teknik Sipil Geoinves, *Data tanah Proyek Menara Telekomunikasi*, Sondasia, Bima – Nusa Tenggara Barat.
14. Laboratorium Teknik Sipil Geoinves, *Data tanah Proyek Menara Telekomunikasi*, Doridungga, Bima – Nusa Tenggara Barat.
15. Laboratorium Teknik Sipil Geoinves, *Data tanah Proyek Menara Telekomunikasi*, Jalan Jareweh, Sumbawa – Nusa Tenggara Barat.
16. Laboratorium Teknik Sipil Geoinves, *Data tanah Proyek Menara Telekomunikasi*, Setu Sela, Bogor – Jawa Barat.
17. Laboratorium Teknik Sipil Geoinves, *Data tanah Proyek Menara Telekomunikasi*, Kebon dalam, Cilegon – Banten.
18. Laboratorium Teknik Sipil Geoinves, *Data tanah Proyek Menara Telekomunikasi*, Liabuku, Buton – Sulawesi Tenggara.

15