

**ANALISA DAYA DUKUNG DAN STABILITAS PONDASI BOREPILE
TOWER TRANSMISI T.7 PADA PROYEK SUTT 150kV
GI SORONG – GI RUFY**



IVAN YOSEFWAN NAIBAHO

NIM : 1916001

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK KATOLIK SAINT PAUL
SORONG
2020**

**ANALISA DAYA DUKUNG DAN STABILITAS
PONDASI BOREPILE TOWER TRANSMISI T.7
PADA PROYEK SUTT 150kV GI SORONG – GI RUFY**

IVAN YOSEFWAN NAIBAHO A.Md.
NIM : 1916001

Dosen Pembimbing :

IMAM TRIANGGORO SAPUTRO, ST,MT

ABSTRAK

Pondasi dalam (*Deep Foundation*) merupakan suatu konstruksi bagian paling bawah yang berhubungan langsung dengan tanah. Pada tower transmisi, pondasi berfungsi untuk memikul beban konstruksi tower. Sehingga untuk menghasilkan tower yang aman, pondasi harus direncanakan dan diperhitungkan dengan baik sesuai kondisi tanah di lokasi rencana pembangunan tower, demikian juga dalam pekerjaan konstruksinya harus disupervisi dengan baik. Metodologi pengumpulan data adalah dengan metode observasi data dari kontraktor pelaksana, owner proyek dan melakukan studi literatur terkait. Hasil dari penelitian ini adalah menganalisa perhitungan daya dukung dan stabilitas tiang pondasi bored pile aman terhadap uplift terhadap pondasi bored pile menggunakan metode Guy Sangrelat dan Mayerhoff, dan menghitung efisiensi kelompok tiang menggunakan rumus Converse – Labbare. Hasil Analisa perhitungan terhadap data tanah dan desain perencanaan pondasi tower transmisi ditemukan bahwa daya dukung rencana tiang bored pile yang telah dilakukan lebih besar dari daya dukung rencana, maka daya dukung dan stabilitas pondasi bored pile yang di Analisa memenuhi syarat-syarat yang diijinkan dan dapat dikatakan aman terhadap uplift.

Kata kunci : *Daya dukung dan Stabilitasi Pondasi Bored pile, Pondasi Tower Transmisi*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmatNya sehingga penulisan ini dapat diselesaikan dengan baik, sebagaimana merupakan mata kuliah yang sedang diambil dalam semester akhir ini. Pembuatan Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat kelulusan mata kuliahnya dan juga sebagai salah satu syarat memperoleh gelar akademik di Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Johanes Ohoiwutun, MT. selaku Direktur Politeknik Katolik Saint Paul
2. Bapak Yusverison Andika, ST,.MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Katolik Saint Paul Sorong
3. Bapak Imam Trianggoro Saputro, ST,.MT. selaku Dosen Pembimbing penulis dari awal
4. Bapak Johanes Eudes Ola, ST,.MT. selaku Dosen yang selalu memberikan masukan selama penulis menempuh Pendidikan Ahli Jenjang di Politeknik Katolik Saint Paul
5. Keluarga Besar PLN Unit Pelaksana Proyek Pembangkit dan Jaringan Papua Barat yang membantu dalam pengumpulan data penelitian
6. Kedua orang tua dan saudara penulis yang selalu memberikan nasehat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Demikian tugas akhir ini disusun, penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan oleh karena itu penulis mengharapkan saran dari semua pihak guna penyempurnaan dalam penulisan tugas akhir ini.

Sorong, 19 Desember 2020

Ivan Yosefwan Naibaho A.Md

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GRAFIK dan GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Tujuan Penelitian	2
1.6 Sitematika Laporan Tugas Akhir	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Teori Umum	4
2.2 Tanah	5
2.3 Pondasi Dalam	6
2.4 Pondasi Bored Pile.....	6
2.5 Gaya Uplift Bored Pile	7
2.6 Kapasitas daya dukung ijin tekan dengan data sondir	9

2.7	Stabilitas tiang tarik dengan data sondir	9
2.8	Efisiensi Kelompok Tiang	10
2.8.1	Jumlah tiang	10
2.8.2	Jarak tiang.....	10
2.8.3	Susunan tiang	11
2.8.4	Efisiensi kelompok tiang	13
2.8.5	Gaya tekan dan gaya tarik tiang	14
2.9	Faktor Keamanan	14
2.10	Transmisi Tower Tenaga Listrik.....	16
2.10.1	Transmisi tower.....	16
2.10.2	Jenis-jenis menara/tower listrik.....	16
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1	Data Umum.....	21
3.2	Struktur Pondasi.....	22
3.3	Data Teknis bored pile	24
3.4	Data teknis konstruksi tower.....	24
3.5	Metode pengumpulan data	25
3.6	Data Sondir	23
3.6.1	Lokasi Sondir.....	25
3.6.2	Tabel dan Grafik Sondir.....	27
3.7	Flowchart Penelitian	31
BAB IV	PEMBAHASAN	30
4.1	Analisa Perhitungan Pondasi Bored Pile	30
4.1.1	Data Gambar Rencana	30
4.1.2	Perhitungan Data Sondir	31
4.1.3	Data Support Reaction Tower DD6+12	32

4.1.4 Spesifikasi Material	32
4.1.5 Dimensi Pondasi	32
4.1.6 Data Desain Pondasi	33
4.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang	34
4.3 Check Stabilitas Tiang	35
4.4 Efisiensi Kelompok Tiang	36
4.5 Perhitungan Gaya Tekan dan Gaya Tarik Tiang	37
4.6 Keamanan Pondasi Bored Pile terhadap Uplift	38
4.6.1 Berat yang menahan gaya Uplift	38
4.6.2 Kontrol Geser 1 Arah	39
4.6.3 Kontrol Geser 2 Arah (Geser Pons)	40
a. Kontrol geser 2 arah disekitar kolom	40
b. Kontrol geser 2 arah disekitar bored pile	42
4.6.4 Perhitungan Tulangan	43
a. Perhitungan tulangan tiang	43
b. Perhitungan tulangan pad	45
c. Perhitungan tulangan chimney	47
Bab V PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR NOTASI

qc	: tekanan <i>conus</i>
fs	: hambatan pelekot <i>friction</i>
K	: mutu beton dengan perhitungan kuat tekan kg/m ²
fc'	: mutu beton dengan perhitungan kuat tekan megapascal N/mm ²
fy	: tegangan leleh tulangan ulir/ <i>deform</i>
fy'	: tegangan leleh tulangan polos
BJb	: berat jenis beton
BJs	: berat jenis soil/tanah
H	: tinggi pondasi (<i>pad dan chimney</i>)
H1	: tinggi pad/pedestal
H2	: tinggi muka tanah/timbunan
H3	: tinggi chimney yang muncul dari muka tanah
Hp1	: panjang bored pile
Qp	: jumlah pile
S1/2	: jarak antar pile
m	: jarak tiang horizontal
n	: jumlah tiang arah vertikal
Vp	: volume pedestal
Vk	: volume kolom
Vb	: volume boredpile
Vt	: volume total pondasi
Wc	: berat pondasi / <i>weight concrete</i>
Vs	: volume tanah / <i>volume soil</i>
Ws	: berat tanah / <i>weight soil</i>
P _{ptk}	: daya dukung ijin tekan pile tunggal
P _{ta}	: daya dukung ijin tarik pile tunggal
Tf	: total nilai hambatan lekat / <i>friction</i>
Cp	: keliling selimut tiang
Ap	: luas penampang tiang
FK	: factor keamanan
Eg	: efisiensi <i>group</i> /kelompok tiang
D	: diameter pile
Fyc	: tekanan geser longitudinal

F_{xc} : tekanan geser transversal
 E_c : tekanan aksial
 P_{maks} : beban maksimum tiang
 $M_{X/Y}$: Momen
 $\Sigma_{X/Y}$: jumlah kuadrat absis tiang
 e : patahan pada kaki pondasi akibat dibebani/ *eksentris*
 P_e : besaran gaya pada kaki pondasi
 V_u : gaya geser akibat beban terfaktor *ultimate*
 V_c : gaya geser akibat beban beton *concrete*
 A_s : luas tulangan
 L_s : luas penampang kritis dari atas pondasi

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Tabel Hasil Sondir T.7 SUTT Sorong – Rufey (Titik 1)	25
Tabel 3.2 Tabel Hasil Sondir T.7 SUTT Sorong – Rufey (Titik 2).....	27
Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Sondir menurut Guy Sangrelat	31

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram fase tanah (Das, 1995)	5
Gambar 2.2 Jenis-jenis bored pile (Braja M. Das, 1941)	7
Gambar 2.3 Gaya angkat atau uplift	8
Gambar 2.4 Definisi Jarak S dalam hitungan efisiensi tiang	11
Gambar 2.5 Gambar Pola-pola kelompok tiang	12
Gambar 2.6 Daerah friction pada kelompok tiang (tampak samping)	12
Gambar 2.7 Daerah friction pada kelompok tiang (tampak atas)	13
Gambar 2.8 Jenis Menara tower : Lattice tower	17
Gambar 2.9 Jenis Menara tower : Steel Pole	17
Gambar 2.10 Jenis Menara tower : Concrete Pole.....	17
Gambar 2.11 Jenis Menara tower : Wodden Pole	17
Gambar 2.12 Jenis Menara tower : Tower 2 Sirkuit Suspension dan Tension .	18
Gambar 2.13 Jenis Menara tower : Tower 4 Sikrit Suspension dan Tension .	18
Gambar 2.14 Potongan Pondasi Bored Pile dan Stub Tower	19
Gambar 3.1 Layout Proyek Pembangunan Tower 150kV Sorong	20
Gambar 3.2 Denah Bored Pile	20
Gambar 3.3 Potongan Bored Pile	20
Gambar 3.5 Lokasi Sondir T.7	23
Gambar 3.5 Dokumentasi Penyelidikan Tanah	24
Grafik 3.1 Hasil Sondir T.7 SUTT Sorong – Rufey (Titik 1)	26
Grafik 3.1 Hasil Sondir T.7 SUTT Sorong – Rufey (Titik 2)	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pondasi dalam (*Deep Foundation*) suatu konstruksi merupakan bagian paling bawah yang berhubungan langsung dengan tanah. Pada tower transmisi, pondasi berfungsi untuk memikul beban konstruksi tower. Untuk menghasilkan tower yang aman, pondasi harus direncanakan dan dikerjakan dengan sangat hati-hati. Pondasi harus diperhitungkan dengan baik sesuai kondisi tanah di lokasi rencana pembangunan tower. Setiap pondasi bangunan tower perlu direncanakan berdasarkan jenis, kekuatan dan daya dukung tanah tempat berdirinya. Apabila tanah yang stabil dan memiliki daya dukung baik, maka pondasinya juga membutuhkan konstruksi yang sederhana. Jika tanahnya berlapis dan memiliki daya dukung buruk, maka pondasinya juga harus lebih kompleks. Dalam mendesain pondasi harus mempertimbangkan daya dukung tanah.

Karena terbatasnya cara pengujian dilapangan, penyelidikan tanah yang digunakan adalah uji sondir (CPT) untuk penyelidikan tanah yang bertujuan mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah yang merupakan indikasi dari kekuatan dukung lapisan tanah dengan menggunakan rumus empiris. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung dan *stabilitas* pondasi *bored pile* pada tower.

Dari kasus di atas, penulis tertarik untuk menjadikan bahan penulisan dari Tugas Akhir yang berjudul “Analisa Daya Dukung dan Stabilitas Pondasi Bored Pile Tower T.7 Pada Proyek SUTT 150kV GI Sorong – GI Rufey ”. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisa perhitungan daya dukung dan stabilitas pondasi tower berdasarkan dari hasil Uji Sondir lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, permasalahan yang akan di bahas pada penelitian ini adalah apakah daya dukung dan Stabilitas tiang pondasi Bored Pile aman pada Tower T.7 SUTT 150kV GI Sorong – GI Rufey terhadap uplift berdasarkan data Penyelidikan Tanah Sondir?

1.3 Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Daya dukung pondasi dihitung berdasarkan metode Guy Sangrelat & Mayerhof
2. Perhitungan efisiensi kelompok tiang menggunakan rumus Converse-Labbarre

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yaitu Menganalisa daya dukung dan stabilitas tiang pondasi borepile aman terhadap uplift.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat adanya penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan tambahan pengetahuan dan dapat menjadi bahan referensi khususnya mengenai Daya Dukung dan Stabilitas Pondasi Bored Pile Tower T.7 Pada Proyek SUTT 150kV GI Sorong – GI Rufey
2. Menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa dibidang Daya Dukung dan Stabilitas Pondasi Bored Pile Pondasi pada Tower T.7 Pada Proyek SUTT 150kV GI Sorong – GI Rufey, Provinsi Papua Barat.
3. Menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa karena Tower Transmisi ini merupakan yang pertama di lingkungan Provinsi Papua Barat

1.6 Sistematika Laporan Tugas akhir

Untuk dapat memperoleh penulisan yang sistematis dan terarah maka alur penulisan tugas akhir ini akan di bagi dalam lima bagian Bab dengan perincian sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika laporan tugas akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan teori-teori yang relefan terhadap penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas mengenai tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian atau perencanaan dan proses penjelasan penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang analisis data yang didapat dari penelitian untuk memperoleh hasil yang akan di bahas pada kesimpulan.

BAB V PENUTUP

Untuk bab ini membahas tentang hasil akhir yang akan dicapai penulis dengan memberi kesimpulan yang dapat ditarik dari pembahasan. Kemudian disampaikan saran-saran yang merupakan pendapat penulis terhadap penelitian yang dilakukan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Umum

Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles, 1997). Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan (Das, 1995).

Dalam menentukan perencanaan pondasi suatu bangunan ada dua hal yang harus diperhatikan pada tanah yang ada di bawah pondasi, yaitu:

1. Daya dukung pondasi yang direncanakan harus lebih besar dari pada beban yang bekerja pada pondasi tersebut baik beban statik maupun beban dinamikanya.
2. Penurunan yang terjadi akibat pembebanan tidak boleh melebihi penurunan yang diijinkan.

Banyak faktor dalam pemilihan jenis pondasi, faktor tersebut antara lain beban yang direncanakan bekerja, jenis lapisan tanah dan faktor non-teknis seperti biaya konstruksi, waktu konstruksi,. Pemilihan jenis pondasi yang digunakan sangat berpengaruh kepada keamanan struktur yang berada di atas pondasi tersebut. Jenis pondasi yang dipilih harus mampu menjamin kedudukan struktur terhadap semua gaya yang bekerja. Selain itu, tanah pendukungnya harus mempunyai kapasitas daya dukung yang cukup untuk memikul beban yang bekerja sehingga tidak terjadi keruntuhan.

Pondasi dibedakan atas dua jenis, yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi dangkal digunakan apabila lapisan tanah keras terletak tidak jauh dari permukaan tanahnya. Pondasi dangkal didesain dengan kedalaman lebih kecil atau sama dengan lebar dari pondasi tersebut. Sedangkan pondasi dalam digunakan apabila lapisan tanah kerasnya terletak jauh dari permukaan tanah. Pondasi dalam didesain dengan kedalaman lebih besar atau sama dengan lebar dari pondasi tersebut.

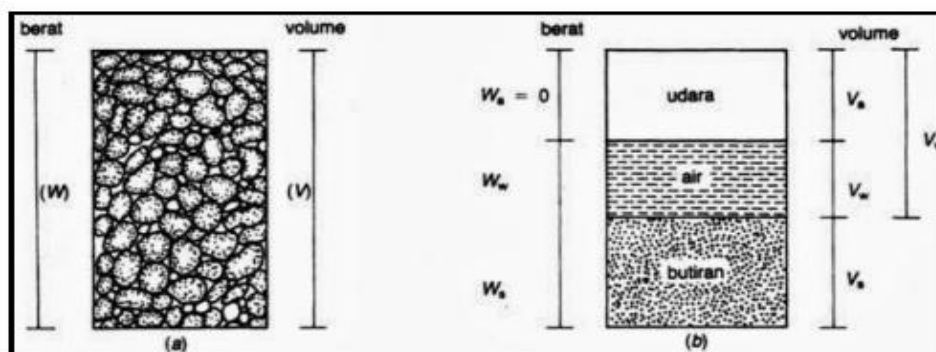
Di era perkembangan zaman yang semakin modern ini penggunaan pondasi *bored pile* semakin banyak karena beberapa alasan. Oleh sebab itu sangat menarik untuk meninjau perkembangan berbagai pemakaiannya dan pelaksanaan konstruksi jenis pondasi dalam ini, namun demikian pengalaman menunjukkan bahwa pada setiap pekerjaan pondasi *bored pile* muncul masalah-masalah spesifik dengan kondisi yang berbeda menyangkut segi pelaksanaan konstruksi maupun hal-hal yang menyangkut daya dukung tanah di lokasi proyek. Dalam pemilihan pondasi sangat dibutuhkan pengetahuan tentang jenis tanah, daya dukung dan penurunan yang akan ditimbulkan dalam batas aman, pengendalian mutu menjadi salah satu kunci penting keberhasilan pondasi *bored pile*.

2.2 Tanah

Tanah adalah materi utama yang menerima sepenuhnya penyaluran beban yang ditimbulkan akibat konstruksi bangunan yang dibuat diatasnya. Tanah yang ada di permukaan bumi mempunyai karakteristik dan sifat yang berbeda-beda, sehingga hal ini merupakan suatu tantangan bagi perekayasa konstruksi untuk memahami perilaku tanah yang dihadapi dalam perencanaan konstruksi dengan jalan melakukan penyelidikan dan penelitian terhadap sifat-sifat yang dimiliki tanah yang tentunya hasilnya tidak mutlak, tepat dan benar. Akan tetapi paling tidak kita dapat melakukan pendekatan secara teknis yang dapat dipertanggungjawabkan akurasi dalam perencanaan konstruksi.

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

Komponen tanah tersebut akan diperjelas pada Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah (Das, 1995), Sumber ; Pedoman Konstruksi dan Bangunan No. 003-01/BM/2006 PU halaman 18-100



2.3 Pondasi Dalam (*Deep Foundation*)

Merupakan pondasi yang dipergunakan untuk meneruskan beban kelapisan tanah yang mampu memikulnya dan letaknya cukup dalam. Menurut “Bowles (1997)”, sebuah pondasi harus mampu memenuhi beberapa persyaratan stabilitas dan deformasi, seperti :

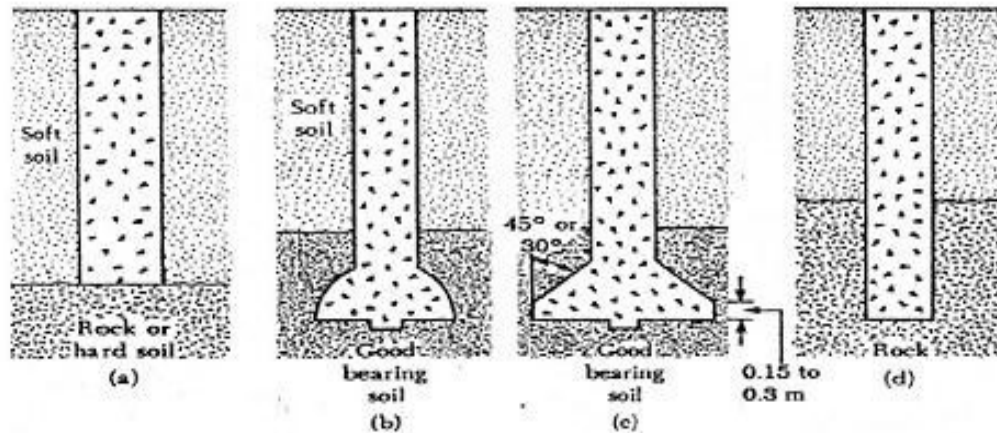
- a. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi khusus untuk pondasi tapak dan pondasi rakit.
- b. Kedalaman harus berada di bawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan dan pertumbuhan tanaman.
- c. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi atau pergeseran tanah.
- d. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat di dalam tanah.
- e. Sistem harus cukup mampu beradaptasi terhadap beberapa perubahan geometri konstruksi atau lapangan selama proses pelaksanaan dan mudah dimodifikasi seandainya perubahan perlu dilakukan.
- f. Metode pemasangan pondasi harus seekonomis mungkin.
- g. Pergerakan tanah keseluruhan (umumnya penurunan) dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir oleh elemen pondasi dan elemen bangunan atas.
- h. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan.

2.4 Pondasi Bored Pile

Bored pile dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya, dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang (Gambar 2.2).

Ada berbagai jenis pondasi bored pile yaitu:

1. Bored pile lurus untuk tanah keras
2. Bored pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel
3. Bored pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapezium
4. Bored pile lurus untuk tanah berbatu-batuan



Gambar 2.2 Jenis-jenis Bored pile (*Braja M. Das, 1941*)

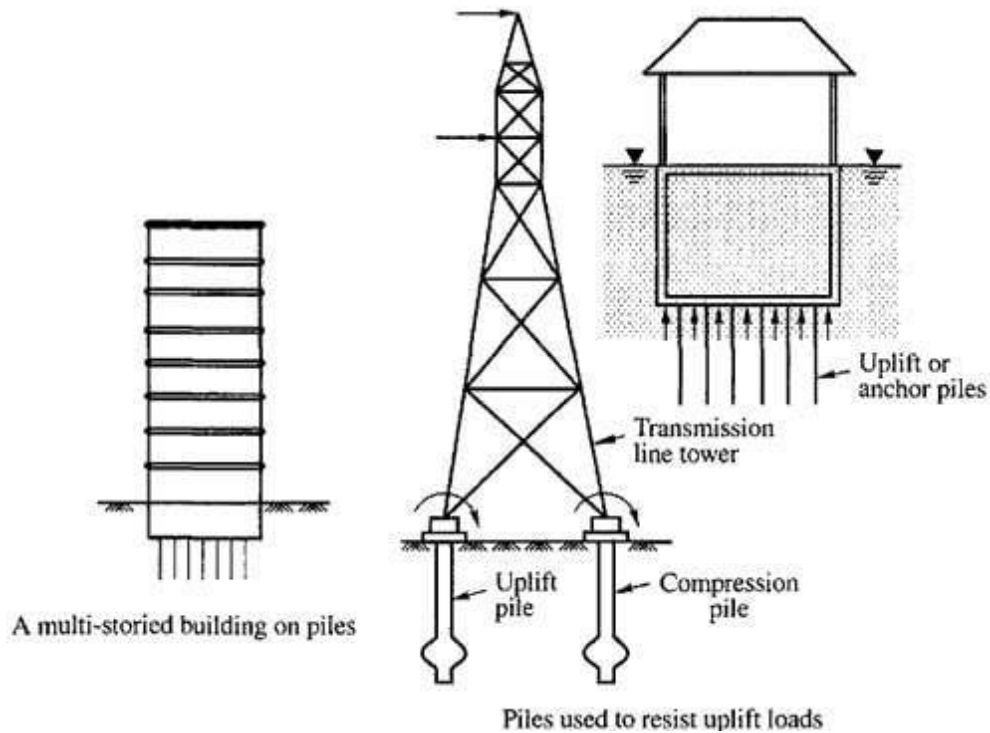
2.5 Gaya Uplift Bored Pile

Pondasi dalam yang dibangun untuk menahan gaya angkat disebut Tension Piles atau Uplift Piles. Ini juga disebut sebagai tiang angkat atau tiang jangkar. Di area di mana ada kemungkinan ekstraksi tumpukan dari tanah, tiang pengangkat akan bekerja dengan baik.

Pondasi secara luas diklasifikasikan sebagai pondasi dalam dan dangkal berdasarkan daya dukung beban dan sifat tanah di lokasi. Jenis yang paling banyak digunakan - Pondasi tiang, berada di bawah kategori pondasi dalam.

Setiap struktur pondasi yang memiliki kedalaman lebih dari tiga kali lebar struktur dapat dikategorikan sebagai pondasi tiang pancang atau bored pile. Pondasi tiang membentuk struktur ramping dan berbentuk kolom yang dimaksudkan untuk mentransfer beban tekan terutama dari bangunan atas yang besar. Media pemindahan di bawah dapat berupa tanah lemah atau lapisan yang dapat dikompres atau struktur seperti lapisan batuan yang kuat.

Alasan berbeda untuk pengembangan gaya angkat adalah: gaya seismik atau beban angin, momen terbalik, tekanan hidrostatik. Gaya-gaya ini diharapkan dalam konstruksi bangunan besar seperti menara transmisi tower, dermaga, bangunan tinggi, cerobong asap, dermaga dan lain-lain seperti pada Gambar 2.3. Sebagian besar konstruksi bangunan besar mengalami beban angin yang lebih tinggi atau gaya seismik yang menyebabkan momen terbalik yang pada gilirannya mengakibatkan pengangkatan atau uplift. Gaya pengangkatan dapat berkembang karena tekanan hidrostatik, aktivitas seismik, atau momen terbalik.



Gambar 2.3 Gaya angkat atau uplift (Sumber : <https://theconstructor.org/>)

Ketika struktur mengalami terbalik, salah satu ujungnya mengalami kompresi dan gaya tegangan lainnya. Gaya-gaya ini harus disalurkan dengan aman ke tanah dengan bantuan pondasi (bored pile) yang dibangun. Ini akan mencegah pengangkatan yang disebabkan.

Konstruksi tiang tegangan mentransfer gaya angkat ini secara aman dengan aksi gesekan sepanjang tiang yang diperoleh dengan *under-reaming*. Tumpukan tegangan menggunakan dinding tiang pancang untuk menahan gaya horizontal jika ada.

Pondasi dalam bored pile vertikal yang dipasang untuk memenuhi tujuan harus memiliki kedalaman yang cukup yang merupakan faktor utama yang mengakibatkan gesekan poros untuk menahan gaya angkat. Modifikasi yang berbeda pada tiang dapat mengurangi gaya angkat secara luas.

Ketahanan Uplift dari Piles dan Tension Piles disarankan untuk memiliki tiang bored pile yang panjang untuk mengambil beban angkat pada gesekan poros. Dalam beberapa situasi, mungkin sulit untuk memasukkan kedalaman yang panjang karena adanya lapisan batuan keras di bawah tanah. Jadi, untuk memobilisasi tahanan gesek yang tersisa harus ditambah

dengan penambahan bobot mati ke tiang. Ini akan membantu mengatasi gaya angkat. Solusi lain untuk masalah ini adalah penahan tiang ke lapisan batuan.

2.6 Kapasitas daya dukung ijin tekan dengan data sondir

Sondir ini tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis dan tes tersebut dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah-tanah dasar. CPT atau sondir ini dapat juga mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Didalam perencanaan pondasi data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang ijin tekan pile konus/rout sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari mata konus.

Untuk menghitung daya dukung ijin tekan pile berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode Guy Sangrelat dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{tk} = \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{T_f \times C_p}{FK2} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- P_{tk} : daya dukung ijin tekan pile tunggal
- q_c : Nilai konus 8D diatas ujung tiang 4D dibawah ujung tiang
- T_f : nilai total friction
- A_p : luas penampang tiang, $(1/4 \pi D^2)$
- C_p : keliling selimut tiang, $(2\pi r)$
- $FK1$: faktor keamanan 3
- $FK2$: faktor keamanan 5

2.7 Stabilitas tiang tarik dengan data sondir

Untuk menghitung stabilitas tiang tarik berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode Guy Sangrelat dan Mayerhof dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{pile \text{ tarik}} = \frac{(T_f \times C_p \times 0.7)}{FK2} + W_p \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- $P_{pile \text{ Tarik}}$: daya dukung ijin tarik pile tunggal

Tf	: nilai total friction
Cp	: keliling selimut tiang
FK2	: factor keamanan = 5
Wc	: Berat Beton/Pondasi = Vol. total pondasi x BJ beton (24.00kN/m ³)
Hp1	: panjang pile efektif
Wp	: berat 1 tiang pile = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Hp1 \cdot BJ_{beton}$
Qp	: Jumlah pile

2.8 Efisiensi kelompok tiang

Untuk menahan beban diatasnya yang terlalu besar bore piled tunggal jarang sekali digunakan, untuk sebab itu tiang-tiang tunggal disatukan dalam satu kepala (*Pile Cap*). Daya dukung kelompok tiang sangat bergantung pada penentuan bentuk pola dari susunan bore piled kelompok dan jarak antara satu tiang dengan tiang lainnya, karena jarak yang memadai membuat reduksi akan beban menjadi tumpang tindih. Bila beberapa bore piled dikelompokkan, maka intensitas tekanan bergantung pada beban dan jarak antar bore piled yang jika cukup besar sering kali tidak praktis karena pile cap di cor di atas kelompok bore piled (*Pile Group*) sebagai dasar kolom untuk menyebarkan beban pada beberapa bore piled dalam kelompok tersebut.

2.8.1 Jumlah Tiang (n)

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan dipasang didasarkan beban yang bekerja pada fondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang dipakai adalah sebagai berikut ini.

$$n = P/Q_a \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

P : Beban yang berkerja

Q_a : Kapasitas dukung ijin tiang tunggal

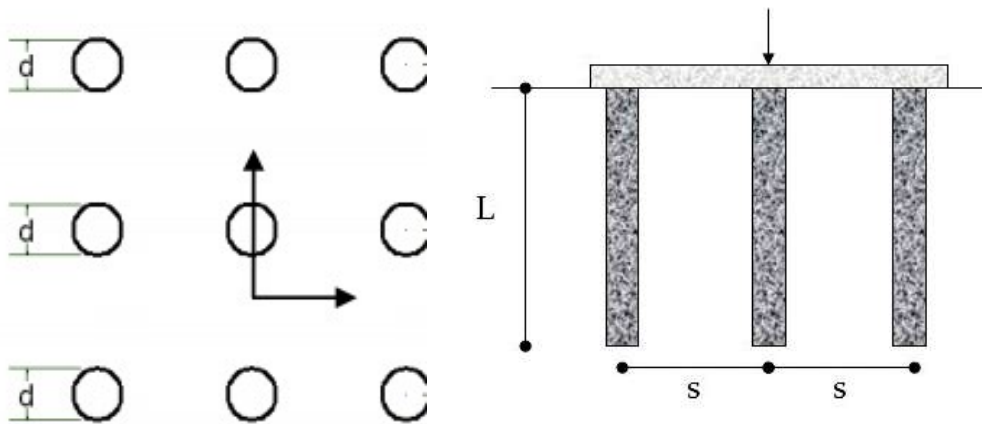
2.8.2 Jarak Tiang (S)

Jarak antar bore piled didalam kelompok tiang sangat mempengaruhi perhitungan kapasitas dukung dari kelompok tiang tersebut. Untuk bekerja sebagai kelompok

tiang, jarak antar tiang yang dipakai adalah menurut peraturan-peraturan bangunan pada daerah masing-masing. Menurut K. Basah Suryolelono (1994), pada prinsipnya jarak tiang (S) makin rapat, ukuran pile cap makin kecil dan secara tidak langsung biaya lebih murah. Tetapi bila fondasi memikul beban momen maka jarak tiang perlu diperbesar yang berarti menambah atau memperbesar tahanan momen.

Jarak tiang biasanya dipakai bila:

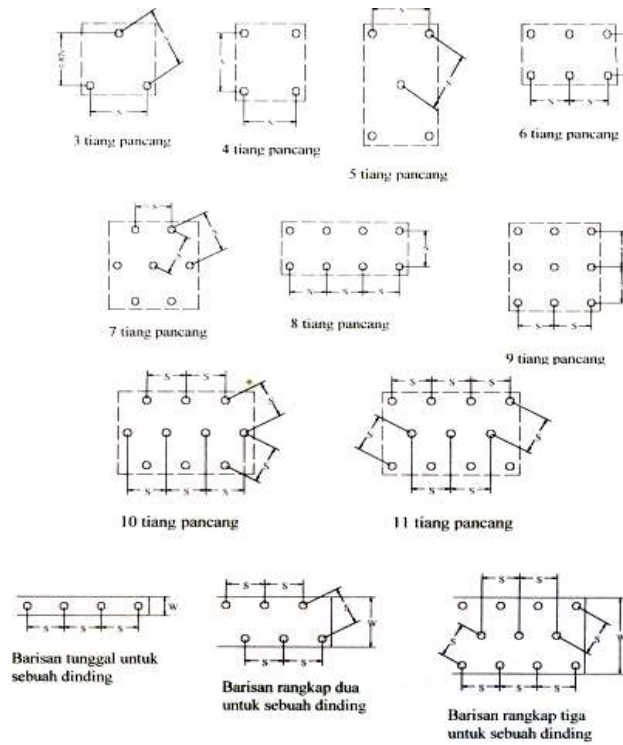
- ujung tiang tidak mencapai tanah keras maka jarak tiang minimum ≥ 2 kali diameter tiang atau 2 kali diagonal tampang tiang.
- ujung tiang mencapai tanah keras, maka jarak tiang minimum $\geq$ diameter tiang ditambah 30 cm atau panjang diagonal tiang ditambah 30 cm.



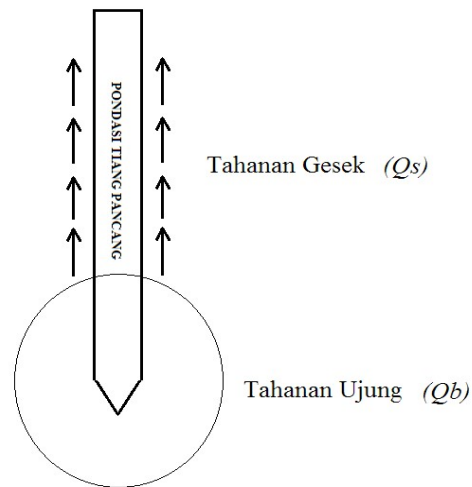
Gambar 2.4 Definisi Jarak S Dalam Hitungan Efisiensi Tiang

2.8.3 Susunan Tiang

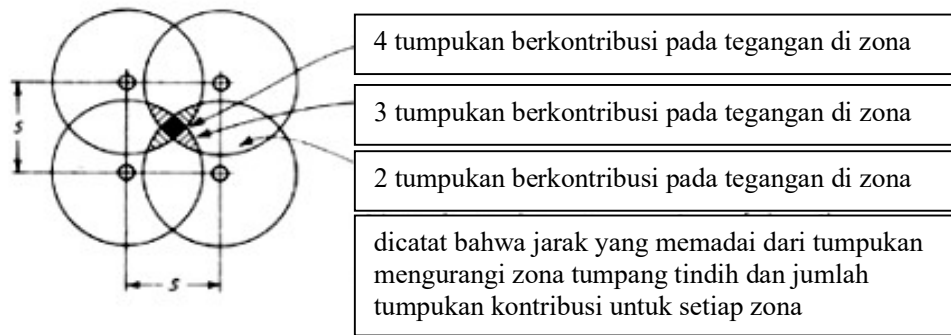
Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah pile cap, yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Bila jarak tiang kurang teratur atau terlalu lebar, maka luas denah pile cap akan bertambah besar dan berakibat volume beton menjadi bertambah besar sehingga biaya konstruksi membengkak (K. Basah Suryolelono, 1994).



Gambar 2.5 Pola-Pola Kelompok Tiang



Gambar 2.6 Daerah friction pada kelompok tiang (tampak samping)



Gambar 2.7 Daerah friction pada kelompok tiang (tampak atas)

2.8.4 Efisiensi Kelompok Tiang

Dalam suatu group pondasi, karena adanya overlapping dari garis-garis tegangan (*Bulb of Pressure*) di sekitar tiang-tiang di dalam tanah, maka daya dukung dari group tersebut tidak akan sama dengan daya dukung masing-masing tiang dikalikan dengan jumlah tiang dalam group yang bersangkutan. Fenomena ini biasa disebut dengan *group action*. Sebagai akibat dari *group action* tersebut, maka perlu dicari angka efisiensi, dimana angka ini nantinya harus dikalikan dengan kapasitas group pondasi awal (kapasitas yang didapat dari penjumlahan kapasitas tiang-tiang anggota group tersebut).

Untuk menghitung efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus **Converse – Labbare** dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{m \times n} \times \frac{\theta}{90} \dots\dots (2.4)$$

Dimana :

E_g : Efisiensi kelompok/group tiang

D : diameter pile

S_1 : jarak antar pile

m : jumlah tiang arah horizontal

n : jumlah tiang arah vertical

Q_p : jumlah pile

Untuk menghitung P maks Ijin Kelompok tiang :

$$P_{maks} = E_g \times P_{tk} \times Q_p \dots\dots\dots (2.5)$$

2.8.5 Gaya tekan dan gaya tarik tiang

Untuk memperoleh Beban maksimum tiang maka diperlukan suatu persamaan berdasarkan data berat tower (*support reaction*) dari Aspatindo.

Berikut rumus menghitung gaya tekan dan tarik tiang berdasarkan data berat tower:

$$P_{maks} = \frac{(\sum P_v)}{Q_p} + \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{n_y \cdot \sum y^2} + \frac{M_y \cdot X_{maks}}{n_x \cdot \sum X^2}$$

Dimana :

- P_{maks} : Beban maksimum tiang
- M_x : Momen yang bekerja pada sumbu X
- M_y : Momen yang bekerja pada sumbu Y
- X_{maks} : Absis terjauh tiang terhadap titik berat X
- Y_{maks} : Absis terjauh tiang terhadap titik berat Y
- Q_p : Jumlah tiang
- n_x : Banyak tiang pada sumbu x
- n_y : Banyak tiang pada sumbu y

2.9 Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ujung tiang, maka diperlukan suatu angka pembagi kapasitas ultimit yang disebut dengan faktor aman (keamanan) tertentu.

Kegunaan dari faktor keamanan adalah :

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan
2. Untuk memberikan keamanan terhadap variasikuat geser dan kompresibilitas tanah
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas – batas toleransi;
5. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.
6. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan pondasi tiang, tergantung pada jenis tiang dan tanah berdasarkan data laboratorium sebagai berikut:

- a. Bore piled

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \dots\dots\dots(2.6)$$

Beberapa peneliti menyarankan faktor keamanan yang tidak sama untuk tahanan gesek dinding dan tahanan ujung. Kapasitas izin dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{1,5} \dots\dots\dots(2.7)$$

Penggunaan faktor keamanan 1,5 untuk tahanan gesek dinding (Qs) yang harganya lebih kecil dari faktor keamanan tahanan ujung yang besarnya 3, karena nilai puncak tahanan gesek dinding dicapai bila tiang mengalami penurunan 2 sampai 7 mm, sedang tahanan ujung (Qb) membutuhkan penurunan yang lebih besar agar tahanan ujungnya bekerja secara penuh. Jadi maksud penggunaan faktor keamanan tersebut adalah untuk meyakinkan keamanan tiang terhadap keruntuhan dengan mempertimbangkan penurunan tiang pada beban kerja yang diterapkan.

b. Tiang bor

Kapasitas ijin tiang bor, diperoleh dari jumlah tahanan ujung dan tahanan gesek dinding yang dibagi faktor keamanan tertentu.

1. Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan diameter $d < 2$ m.

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \dots\dots\dots(2.8)$$

2. Untuk dasar tiang tanpa pembesaran

$$Q_a = \frac{Q_u}{2} \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk tiang dengan diameter $d > 2$ m, kapasitas tiang izin perlu dievaluasi dengan pertimbangan terhadap penurunan tiang.

c. Uplift

Berat yang menahan gaya angkat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut: $W_u = (P_{ta} \times Q_p) + W_c + W_s$

Dimana :

W_u : Berat yang menahan gaya angkat

P_{ta} : Daya dukung ijin tarik

Q_p : Jumlah Pile

W_c : Berat Pondasi

W_s : Berat Tanah

T : Axial Uplift

Uplift dikatakan aman Ketika nilai W_u/T lebih besar dari Faktor Keamanan :

$$W_u/T > SF$$

2.10 Transmisi Tower Tenaga Listrik

2.10.1 Transmisi Tower

Transmisi adalah proses penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat lainnya.

Transmisi Tegangan Tinggi berfungsi menyalurkan energi listrik dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya, terdiri dari konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang (tower) melalui isolator-isolator, dengan sistem tegangan tinggi.

Standar tegangan tinggi yang berlaku di Indonesia adalah:

- a. Transmisi 30 kV dan 70 kV yang ada di Indonesia, secara berangsur angsur mulai ditiadakan (tidak digunakan).
- b. Transmisi 70 kV dan 150 kV banyak terdapat di Pulau Jawa dan pulau lainnya, namun di Papua Barat menjadi yang pertama. Sedangkan transmisi 275 kV dikembangkan di Sumatera.
- c. Transmisi 500 kV berada di Pulau Jawa.

Di Indonesia, konstruksi transmisi untuk tegangan rendah, tegangan menengah dan tegangan tinggi menggunakan kabel udara dan kabel tanah sedangkan untuk tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi menggunakan kabel udara.

2.10.2 Jenis-Jenis Menara / Tower Listrik

- a. Menurut bentuk konstruksinya, jenis-jenis menara / tower listrik dibagi atas 4 macam, yaitu :
 1. Lattice tower
 2. Tubular steel pole
 3. Concrete pole
 4. Wooden pole



Gambar 2.8 Lattice tower



Gambar 2.9 Steel Pole



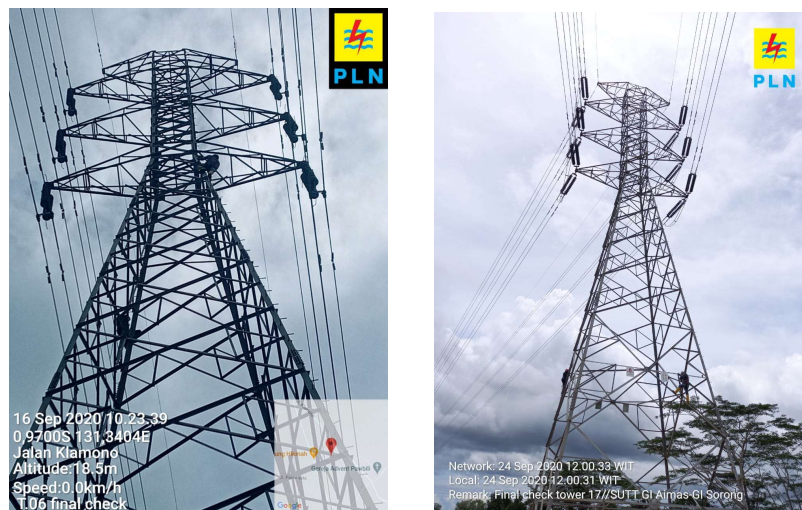
Gambar 2.10 Concrete Pole



Gambar 2.11 Wodden Pole

- b. Menurut fungsinya menara /tower listrik dibagi atas 7 macam yaitu:
1. *Dead end tower*, yaitu tiang akhir yang berlokasi di dekat Gardu induk, tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya tarik.
 2. *Section tower*, yaitu tiang penyekat antara sejumlah tower penyangga dengan sejumlah tower penyangga lainnya karena alasan kemudahan saat pembangunan (penarikan kawat), umumnya mempunyai sudut belokan yang kecil.
 3. *Suspension tower*, yaitu tower penyangga, tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya berat, umumnya tidak mempunyai sudut belokan.

4. *Tension tower*, yaitu tower penegang, tower ini menanggung gaya tarik yang lebih besar daripada gaya berat, umumnya mempunyai sudut belokan.
5. *Transposition tower*, yaitu tower tension yang digunakan sebagai tempat melakukan perubahan posisi kawat fasa guna memperbaiki impedansi transmisi.
6. *Gantry tower*, yaitu tower berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua Saluran transmisi. Tiang ini dibangun di bawah Saluran transmisi existing.
7. *Combined tower*, yaitu tower yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan operasinya.



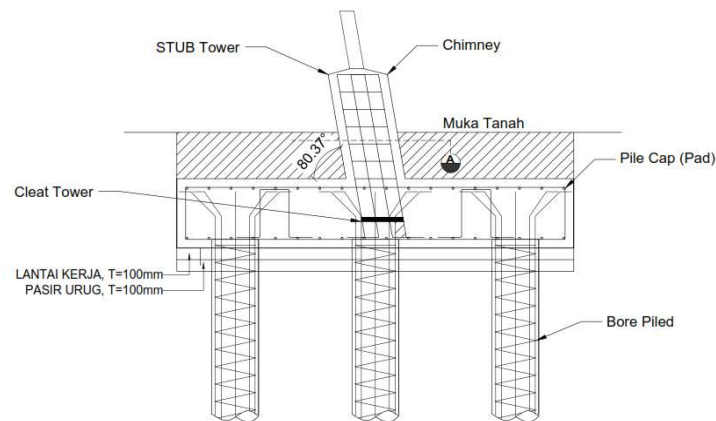
Gambar 2.12 Tower 2 sirkit tipe suspension (kiri) dan tension (kanan).



Gambar 2.13 Tower 4 sirkit tipe suspensi (kiri) dan tension (kanan).

c. Secara umum suatu menara / tower listrik terdiri dari:

1. Pondasi, yaitu suatu konstruksi beton bertulang untuk mengikat kaki tower (stub) dengan bumi.
2. Stub, bagian paling bawah dari kaki tower, dipasang bersamaan dengan pemasangan pondasi dan diikat menyatu dengan pondasi.
3. Leg, kaki tower yang terhubung antara stub dengan body tower. Pada tanah yang tidak rata perlu dilakukan penambahan atau pengurangan tinggi leg, sedangkan body harus tetap sama tinggi permukaannya.



Gambar 2.14 Potongan Pondasi Borepile dan Stub Tower

4. Common Body, badan tower bagian bawah yang terhubung antara leg dengan badan tower bagian atas (super structure). Kebutuhan tinggi tower dapat dilakukan dengan pengaturan tinggi common body dengan cara penambahan atau pengurangan.
5. Super structure, badan tower bagian atas yang terhubung dengan common body dan cross arm kawat fasa maupun kawat petir. Pada tower jenis delta tidak dikenal istilah super structure namun digantikan dengan “K” frame dan bridge.
6. Cross arm, bagian tower yang berfungsi untuk tempat menggantungkan atau mengaitkan isolator kawat fasa serta clamp kawat petir. Pada umumnya cross arm berbentuk segitiga kecuali tower jenis tension yang mempunyai sudut belokan besar berbentuk segi empat.
7. “K” frame, bagian tower yang terhubung antara common body dengan bridge maupun cross arm. “K” frame terdiri atas sisi kiri dan kanan yang simetri. “K” frame tidak dikenal di tower jenis pyramid.

8. Bridge, penghubung antara cross arm kiri dan cross arm tengah. Pada tengah-tengah bridge terdapat kawat penghantar fasa tengah. Bridge tidak dikenal di tower jenis piramida.
9. Rambu tanda bahaya, berfungsi untuk memberi peringatan bahwa instalasi SUTT/SUTET mempunyai resiko bahaya. Rambu ini bergambar petir dan tulisan "AWAS BERBAHAYA TEGANGAN TINGGI". Rambu ini dipasang di kaki tower lebih kurang 5 meter diatas tanah sebanyak dua buah, dipasang disisi yang menghadap tower nomor kecil dan sisi yang menghadap nomor besar.
10. Rambu identifikasi tower dan penghantar / jalur, berfungsi untuk memberitahukan identitas tower seperti: Nomor tower, Urutan fasa, Penghantar / Jalur dan Nilai tahanan pentanahan kaki tower.
11. Anti Climbing Device (ACD), berfungsi untuk menghalangi orang yang tidak berkepentingan untuk naik ke tower. ACD dibuat runcing, berjarak 10 cm dengan yang lainnya dan dipasang di setiap kaki tower dibawah Rambu tanda bahaya.
12. Step bolt, baut panjang yang dipasang dari atas ACD ke sepanjang badan tower hingga super structure dan arm kawat petir. Berfungsi untuk pijakan petugas sewaktu naik maupun turun dari tower.
13. Halaman tower, daerah tapak tower yang luasnya diukur dari proyeksi keatas tanah galian pondasi. Biasanya antara 3 hingga 8 meter di luar stub tergantung pada jenis tower.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Umum

Data umum dari Proyek Pembangunan Tower Transmisi 150 kV PLTMG Sorong – GI

Aimas - GI Sorong – GI Rufey, Provinsi Papua Barat adalah sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Pembangunan SUTT 150kV GI Sorong – GI Rufey
2. Lokasi Proyek : Kota Sorong (T.7 : Kampung Bugis)
3. Panjang Pekerjaan : 16 kmroute (32 km sirkuit)
4. Item Pekerjaan :
 - a. Pekerjaan Pondasi
 - b. Pekerjaan Erection (Pemasangan Stuktur baja tower)
 - c. Pekerjaan Stringing (Penarikan Kabel)
5. Sumber Dana : APLN (Anggaran Perusahaan Listrik Negara)
6. Pemberi Pekerjaan
 - a. Perusahaan : PT PLN (Persero) Unit Induk Pembangunan Papua
 - b. Alamat : Jl. Baru Kotaraja, Kel. Wai Mhorock, Kec. Abepura
Jayapura
7. Pelaksana Pekerjaan
 - a. Perusahaan : KSO PT. Prima Langgeng Utama – PT. Wahyu
Jaaya Gammara
 - b. Alamat : Jl. Mandala Raya No. 10, Tomang Jakarta Barat
11440
8. Pengawas Pekerjaan
 - a. Perusahaan : PT Prima Layanan Nasional Enjiniring (PLN E)
 - b. Alamat : Jl. Ciputat Raya No. 123 Kebayoran Lama 12310

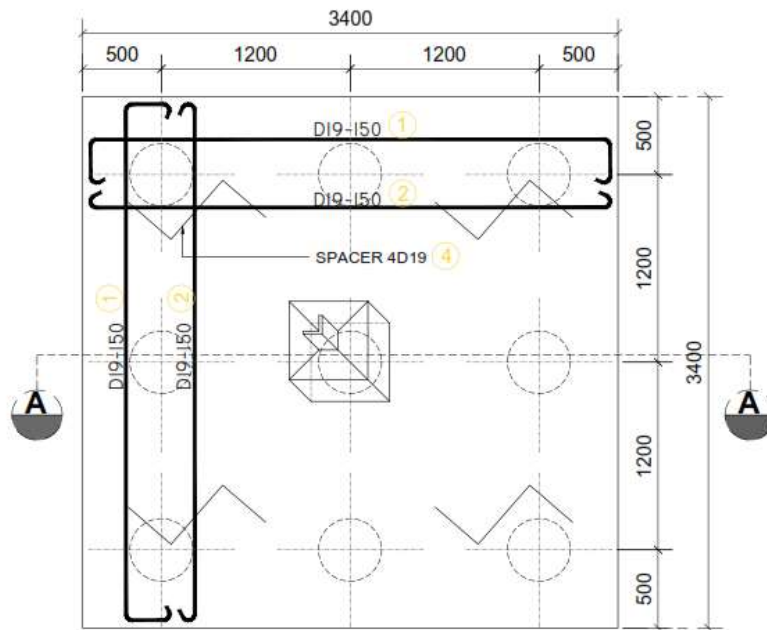


Gambar 3.1 Layout Proyek Pembangunan Tower 150kV GI Sorong – GI Rufey
(Sumber : Google Earth Pro 2020)

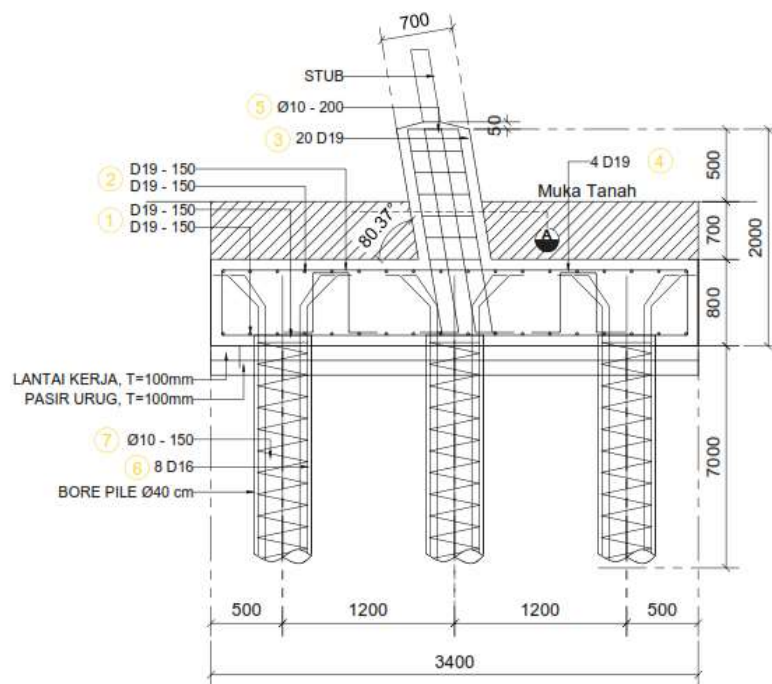
3.2 Struktur Pondasi

Pondasi adalah bagian terendah dari suatu struktur tower yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur kelapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya cukup dalam di dalam tanah dibawahnya. Dimana beban struktur itu sangat dipengaruhi oleh semua beban yang terjadi akibat beban angin, tarikan konduktor, beban gempa dan beban berat tower itu sendiri. Dari semua pembebanan diatas akan menghasilkan pembebanan aksial dan akan ditransfer seluruhnya kepondasi.

Dengan adanya pembebanan struktur (Q) ini pada tiang pondasi, maka pondasi akan bergerak kebawah sedangkan tanah relatif diam. Pada keadaan ini baik tahanan ujung tiang Q_b dan tahanan gesek tiang Q_s akan bekerja keatas, yaitu sebagai gaya perlawanan beban Q yang bekerja pada tiang. Kapasitas ultimit tiang (Q_u) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit dan tanah disekitarnya. Dengan kata lain, agar struktur dikatakan aman, maka pembebanan struktur (Q) harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas ultimit tiang (Q_u).



Gambar 3.2 Denah Bored Pile



Gambar 3.3 Potongan Bore Pile

3.3 Data Teknis Bore Pile

Data ini diperoleh dari menurut perhitungan dari pihak konsultan perencana dengan data sebagai berikut:

1. Kelas Pondasi : Kelas 6 (Pondasi Dalam)
2. Tipe : *Bored Pile*
3. Panjang Bore pile : 7.0 m
4. Diameter : 40 cm
5. Mutu Beton : K-225 $f_c' : 18.675 \text{ Mpa}$
6. BJ Beton : 24 kN/m³
7. BJ Tanah : 16 kN/m³
8. Mutu Baja : U39 ; $f_y : 390 \text{ Mpa}$
U24 ; $f_y : 240 \text{ Mpa}$
9. Denah Titik Bored pile : Dapat dilihat pada gambar 3.2

3.4 Data Teknis Konstruksi Tower

1. Nomor Tower : Tower 7
2. Tipe Tower : Tower DD6 +12
3. Tinggi Tower : 49.5 meter
4. Standart Tower : Technical Spesification of Tower 150kV 2 x Zebra
PT.PLN (Persero) Kantor Pusat
5. Luas Area Tower : 20 m x 20 m
6. Lebar Access Road : 3 m
7. Jarak Access Road : 10 m
8. Diameter Bore Pile : 400 mm
9. Jarak AS to AS : 10.327 m
10. Support Reaction : Axial 1.106,016 Compression (P)
: Axial 931,0110 Tension/Uplift (T)
: TS 174,610 CTs Transversal Shear (Fx)
: LS 156,829 CLs Longitudinal Shear (Fy)

(Sumber: Data Support Reaction dari Asosiasi Pabrik Tower Indonesia/Aspatindo)

3.5 Metode Pengumpulan Data

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi bored pile pada Proyek Pembangunan Tower Transmisi 150kV GI Sorong – GI Rufey, Papua Barat, penulis memperoleh data antara lain dari PT. PLN (Persero) Unit Induk Pembangunan Papua diperoleh data beban support reaction tower, data sondir, dan gambar rencana pondasi

3.6 Data Sondir

Sondir yang dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Tower Transmisi 150kV GI Sorong – GI Rufey, Provinsi Papua Barat.

3.6.1 Lokasi Sondir

Lokasi Titik Sondir (gambar 3.4) dan Dokumentasi Penyelidikan Tanah (gambar 3.5)



Gambar 3.4 Lokasi Sondir (Sumber : Google Earth Pro 2020)

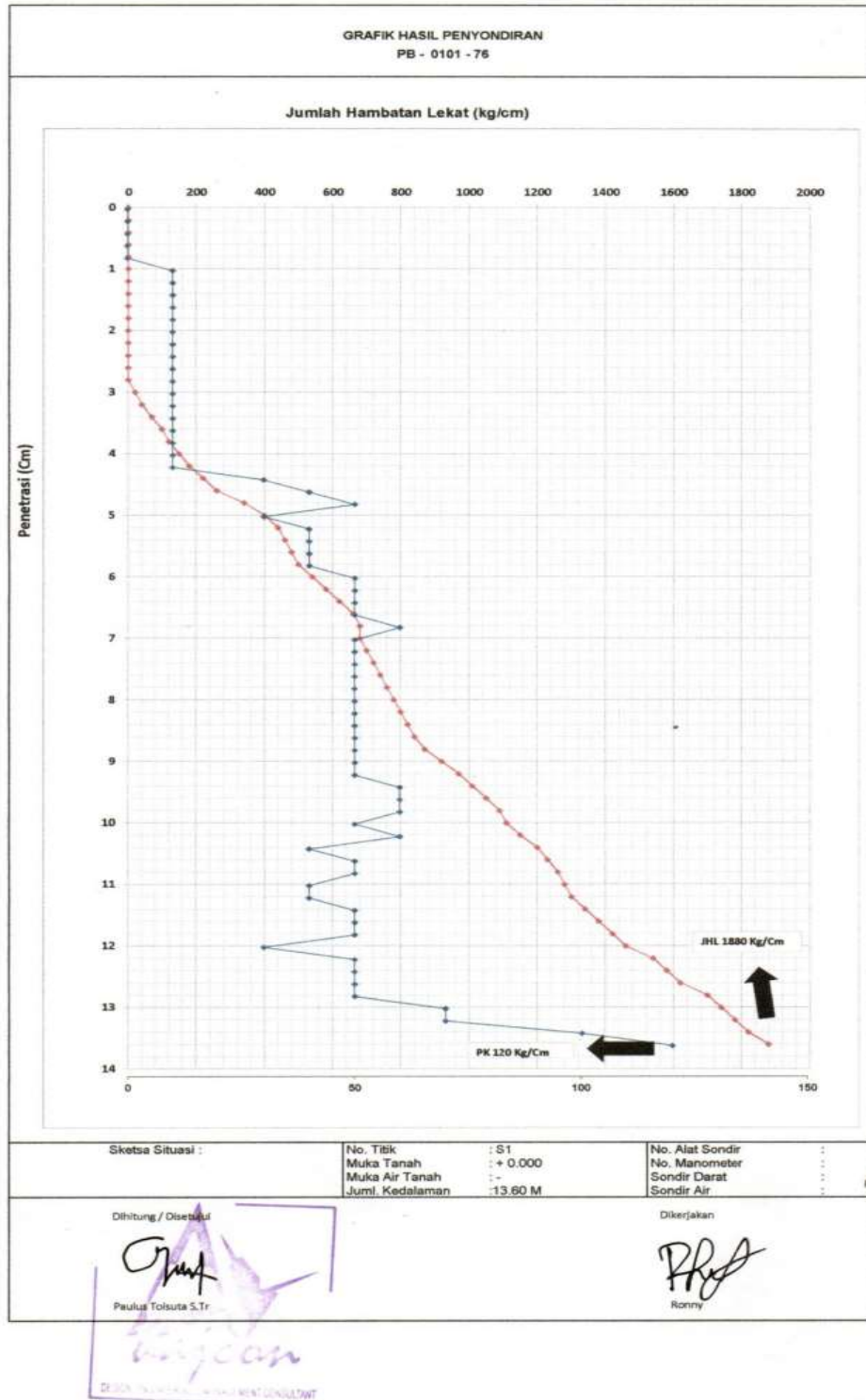


Gambar 3.5 Dokumentasi Penyelidikan Tanah

3.6.2 Tabel dan Grafik Sondir

Proyek : SUTT 150kV Sorong - Rufey							Dikerjakan : Ronny	
Pekerjaan : Sondir							Tgl : 24-05-2019	
No. Titik : S1							Koordinat :	
Lokasi : T7 New								
DATA SONDIR								
PB - 0101 - 76								
Kedalaman M.T (m)	Perlawanan Penetrasi Korus (PK) (kg/cm ²)	Jumlah Perlawanan (JP) (kg/cm ²)	Hambatan Lekat HL=JP.PK (kg/cm ²)	HL ₂₀ (kg/cm)	Jumlah Hambatan Lekat (JHL) (kg/cm)	Hambatan Setempat * HS=HL/10 (kg/cm)		
0.00	0	0	0	0	0	0.0		
0.20	0	0	0	0	0	0.0		
0.40	0	0	0	0	0	0.0		
0.60	0	0	0	0	0	0.0		
0.80	0	0	0	0	0	0.0		
1.00	10	10	0	0	0	0.0		
1.20	10	10	0	0	0	0.0		
1.40	10	10	0	0	0	0.0		
1.60	10	10	0	0	0	0.0		
1.80	10	10	0	0	0	0.0		
2.00	10	10	0	0	0	0.0		
2.20	10	10	0	0	0	0.0		
2.40	10	10	0	0	0	0.0		
2.60	10	10	0	0	0	0.0		
2.80	10	10	0	0	0	0.0		
3.00	10	20	10	20	20	2.0		
3.20	10	20	10	20	40	2.0		
3.40	10	25	15	30	70	3.0		
3.60	10	25	15	30	100	3.0		
3.80	10	20	10	20	120	2.0		
4.00	10	25	15	30	150	3.0		
4.20	10	25	15	30	180	3.0		
4.40	30	50	20	40	220	4.0		
4.60	40	60	20	40	260	4.0		
4.80	50	90	40	80	340	8.0		
5.00	30	60	30	60	400	6.0		
5.20	40	60	20	40	440	4.0		
5.40	40	50	10	20	460	2.0		
5.60	40	50	10	20	480	2.0		
5.80	40	50	10	20	500	2.0		
6.00	50	70	20	40	540	4.0		
6.20	50	70	20	40	580	4.0		
6.40	50	70	20	40	620	4.0		
6.60	50	70	20	40	660	4.0		
6.80	60	70	10	20	680	2.0		
7.00	50	50	0	0	680	0.0		
7.20	50	60	10	20	700	2.0		
7.40	50	60	10	20	720	2.0		
7.60	50	60	10	20	740	2.0		
7.80	50	60	10	20	760	2.0		
8.00	50	60	10	20	780	2.0		
8.20	50	60	10	20	800	2.0		
8.40	50	60	10	20	820	2.0		
8.60	50	60	10	20	840	2.0		
8.80	50	65	15	30	870	3.0		
9.00	50	75	25	50	920	5.0		
9.20	50	75	25	50	970	5.0		
9.40	60	80	20	40	1010	4.0		
9.60	60	80	20	40	1050	4.0		
9.80	60	80	20	40	1090	4.0		
10.00	50	60	10	20	1110	2.0		
10.20	60	80	20	40	1150	4.0		
10.40	40	65	25	50	1200	5.0		
10.60	50	65	15	30	1230	3.0		
10.80	50	65	15	30	1260	3.0		
11.00	40	50	10	20	1280	2.0		
11.20	40	50	10	20	1300	2.0		
11.40	50	70	20	40	1340	4.0		
11.60	50	70	20	40	1380	4.0		
11.80	50	70	20	40	1420	4.0		
12.00	30	50	20	40	1460	4.0		
12.20	50	90	40	80	1540	8.0		
12.40	50	70	20	40	1580	4.0		
12.60	50	70	20	40	1620	4.0		
12.80	50	90	40	80	1700	8.0		
13.00	70	90	20	40	1740	4.0		
13.20	70	90	20	40	1780	4.0		
13.40	100	120	20	40	1820	4.0		
13.60	120	150	30	60	1880	6.0		
Sketsa Situasi :			No. Titik : S1 Muka Tanah : + 0.00 Muka Air Tanah : - Juml. Kedalaman : 13.60 M		No. Alat Sondir : No. Manometer : Sondir Darat : Sondir Air :			
Dihitung / Disetujui  Pajus Toluati S.Tr			Dikerjakan  Ronny					

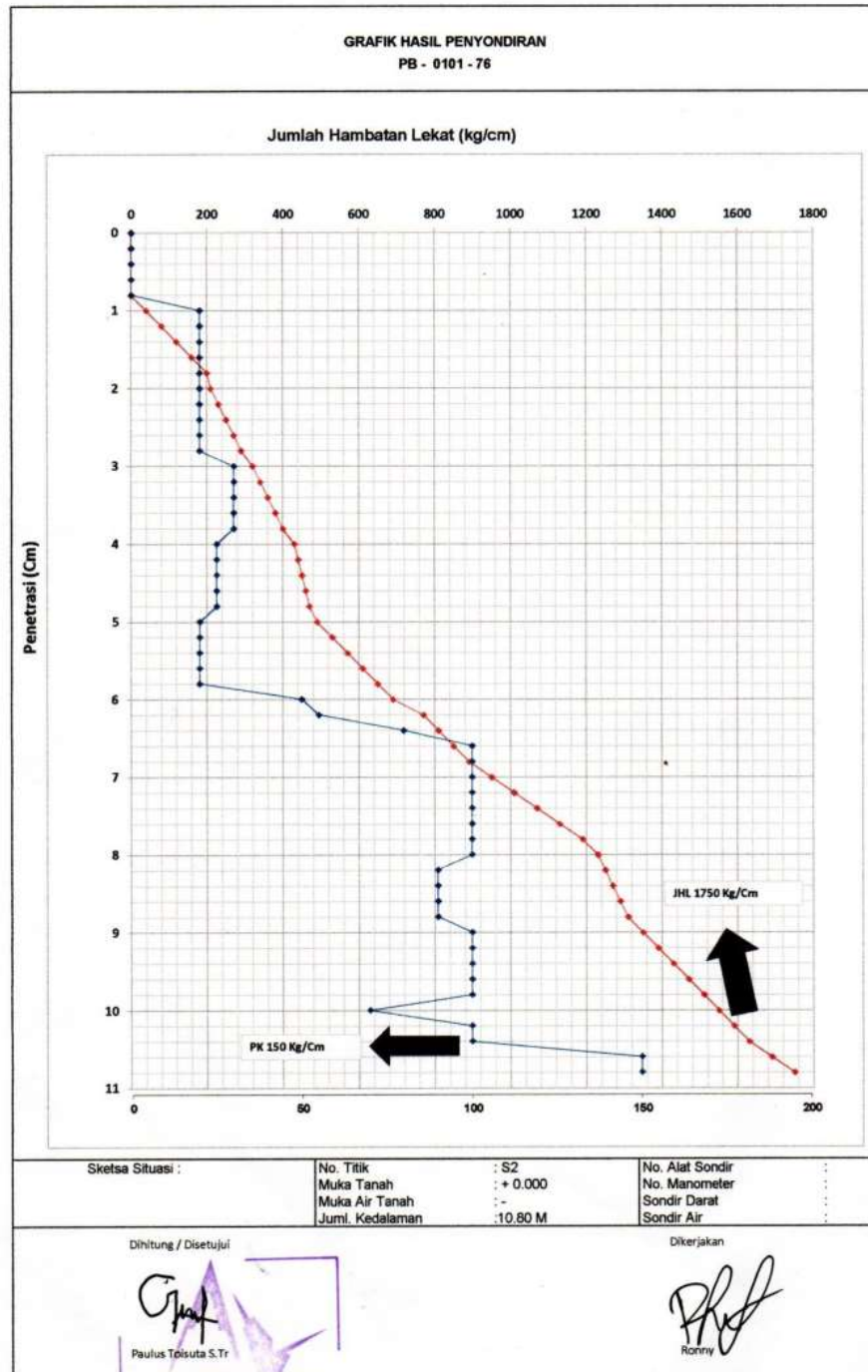
Tabel 3.1 Tabel Hasil Sondir T.7 SUTT Sorong – Rufey (Titik 1)



Grafik 3.1 Hasil Sondir T.7 SUTT Sorong – Rufey (Titik 1)

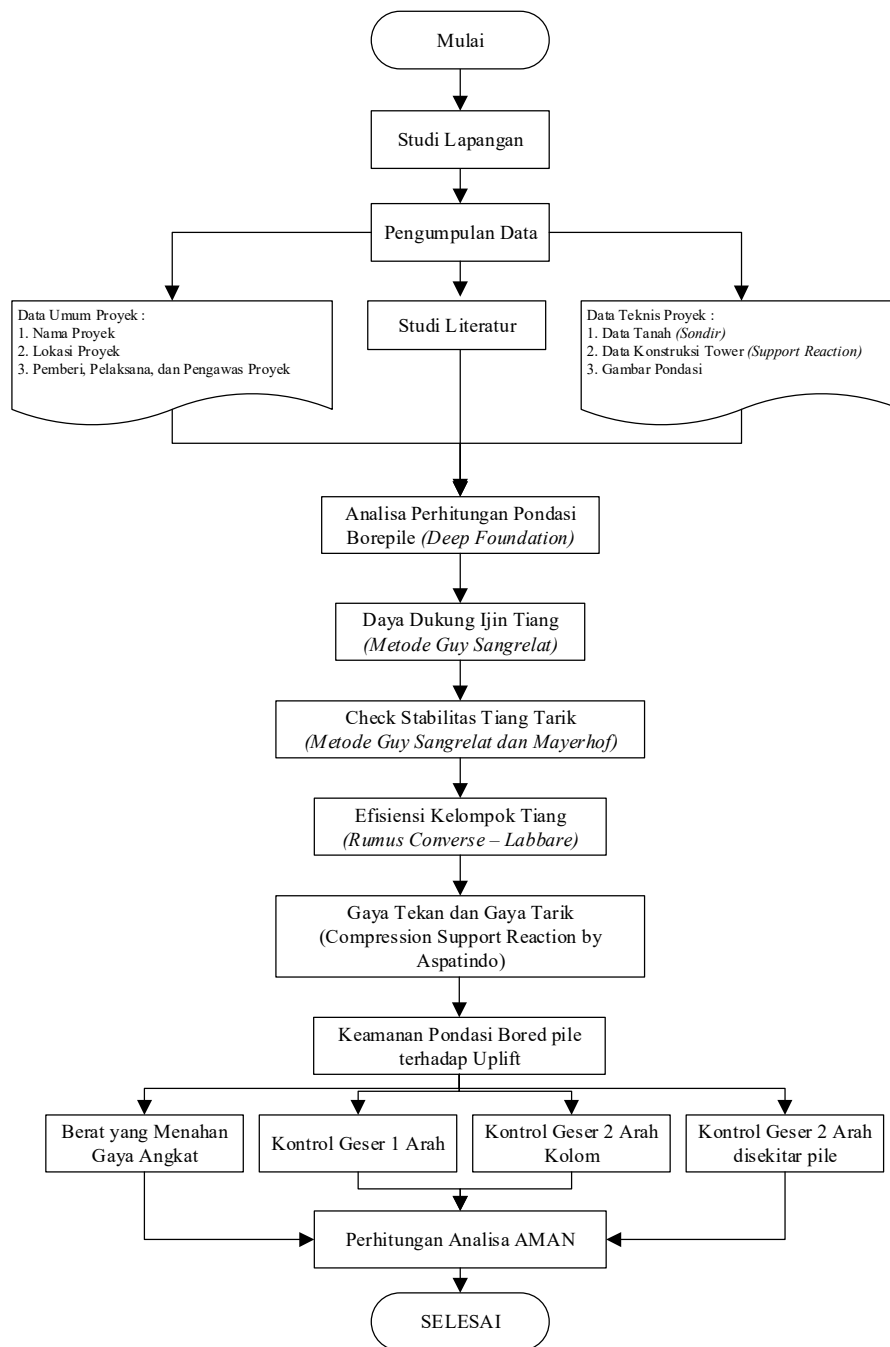
Proyek : SUTT 150kV Sorong - Rufey						
Pekerjaan : Sondir			Dikerjakan : RONNY			
No. Titik : S2			Tgl : 24-06-2019			
Lokasi : T7 New			Koordinat :			
DATA SONDIR						
PB - 0101 - 76						
Kedalaman M.T (m)	Perlawanan Penetrasi Konus (PK) (kg/cm2)	Jumlah Perlawanan (JP) (kg/cm2)	Hambatan Lekat HL=JP-PK (kg/cm2)	HL ₁₀ (kg/cm)	Jumlah Hambatan Lekat (JHL) (kg/cm)	Hambatan Setempat * HS=HL/10 (kg/cm)
0.00	0	0	0	0	0	0.0
0.20	0	0	0	0	0	0.0
0.40	0	0	0	0	0	0.0
0.60	0	0	0	0	0	0.0
0.80	0	0	0	0	0	0.0
1.00	20	40	20	40	40	4.0
1.20	20	40	20	40	80	4.0
1.40	20	40	20	40	120	4.0
1.60	20	40	20	40	160	4.0
1.80	20	40	20	40	200	4.0
2.00	20	25	5	10	210	1.0
2.20	20	30	10	20	230	2.0
2.40	20	30	10	20	250	2.0
2.60	20	30	10	20	270	2.0
2.80	20	30	10	20	290	2.0
3.00	30	45	15	30	320	3.0
3.20	30	40	10	20	340	2.0
3.40	30	40	10	20	360	2.0
3.60	30	40	10	20	380	2.0
3.80	30	40	10	20	400	2.0
4.00	25	40	15	30	430	3.0
4.20	25	30	5	10	440	1.0
4.40	25	30	5	10	450	1.0
4.60	25	30	5	10	460	1.0
4.80	25	30	5	10	470	1.0
5.00	20	30	10	20	490	2.0
5.20	20	40	20	40	530	4.0
5.40	20	40	20	40	570	4.0
5.60	20	40	20	40	610	4.0
5.80	20	40	20	40	650	4.0
6.00	50	70	20	40	690	4.0
6.20	55	95	40	80	770	8.0
6.40	80	100	20	40	810	4.0
6.60	100	120	20	40	850	4.0
6.80	100	120	20	40	890	4.0
7.00	100	130	30	60	950	6.0
7.20	100	130	30	60	1010	6.0
7.40	100	130	30	60	1070	6.0
7.60	100	130	30	60	1130	6.0
7.80	100	130	30	60	1190	6.0
8.00	100	120	20	40	1230	4.0
8.20	90	100	10	20	1250	2.0
8.40	90	100	10	20	1270	2.0
8.60	90	100	10	20	1290	2.0
8.80	90	100	10	20	1310	2.0
9.00	100	120	20	40	1350	4.0
9.20	100	120	20	40	1390	4.0
9.40	100	120	20	40	1430	4.0
9.60	100	120	20	40	1470	4.0
9.80	100	120	20	40	1510	4.0
10.00	70	90	20	40	1550	4.0
10.20	100	120	20	40	1590	4.0
10.40	100	120	20	40	1630	4.0
10.60	150	180	30	60	1690	6.0
10.80	150	180	30	60	1750	6.0
Sketsa Situasi :			No. Titik : S2		No. Alat Sondir :	
			Muka Tanah : + 0,00		No. Manometer :	
			Muka Air Tanah : -		Sondir Darat :	
			Juml. Kedalaman : 10.80 M		Sondir Air :	
Dihitung / Disetujui			Dikerjakan			
 Paulus Totisuta S.Tr			 Ronny			
						

Tabel 3.2 Tabel Hasil Sondir T.7 SUTT Sorong – Rufey (Titik 2)



Grafik 3.2 Hasil Sondir T.7 SUTT Sorong – Rufey (Titik 2)

3.7 Flowchart Penelitian



BAB IV

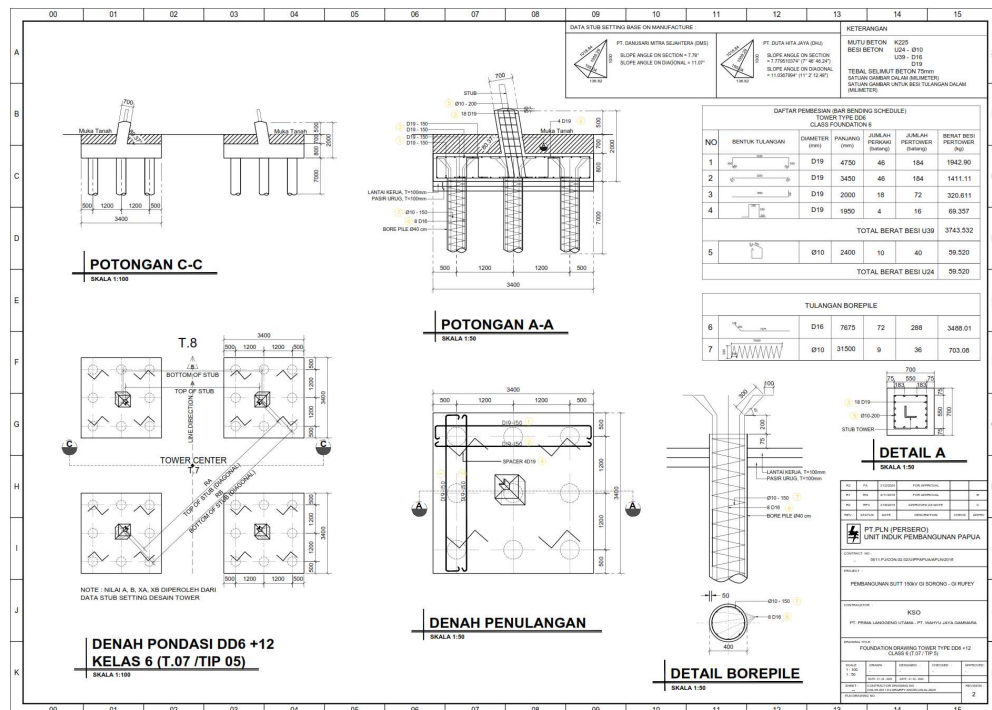
PEMBAHASAN

Dalam merencanakan dan menganalisa suatu pondasi terlebih dahulu dihitung besarnya beban yang akan didukung oleh pondasi, kemudian dihitung kekuatan tanah yang akan mendukung pondasi tersebut. Apabila beban yang dipikul oleh pondasi lebih besar dari daya dukungnya maka akan mengakibatkan penurunan dan pondasi dikatakan tidak aman. Pada Bab ini akan diaplikasikan metode perhitungan daya dukung pondasi bored pile dengan menggunakan data Sondir dan berdasarkan gambar rencana pondasi, yakni sesuai dengan dimensi pondasi dan daftar pembesian.

4.1 Analisa Perhitungan Pondasi Bored Pile (*Deep Foundation*)

Analisa perhitungan pondasi bored pile dihitung berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan pada saat penelitian yakni sebagai berikut:

4.1.1 Data Gambar Rencana :



(Sumber Gambar : PLN UIP Papua)

4.1.2 Perhitungan Data Sondir :

Menurut *Guy Sangrelat* (qc) : Nilai konus 8D diatas ujung tiang, 4D dibawah ujung tiang

Depth	qc				Friction	Description
(m)	(kg/cm ²)				(kg/cm)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
(1)	(2)	(3)	(3)-(2)	(4)x2	kumulatif	
5,80	20				650	8D 9m – (8*0.4)
6,00	50				690	
6,20	55				770	
6,40	80				810	
6,60	100				850	
6,80	100				890	
7,00	100				950	
7,20	100				1010	
7,40	100				1070	
7,60	100				1130	
7,80	100				1190	
8,00	100				1230	
8,20	90				1250	
8,40	90				1270	
8,60	90				1290	
8,80	90				1310	
9,00	100				1350	Ujung Konus
9,20	100				1390	4D 9m + (4*0.4)
9,40	100				1430	
9,60	100				1470	
9,80	100				1510	
10,00	70				1550	
10,20	100				1590	
10,40	100				1630	
10,60	150				1690	

Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Sondir menurut Guy Sangrelat

qc rata-rata : 91,40 kg/cm² (diambil dari data S2)

Friction : 1690 kg/cm² (diambil dari data S2)

4.1.3 Data Support Reaction Tower DD6+12 :

EXTERNAL LOAD		BROKEN WIRE CONDITION	
		(kN.)	
		Compression	Tension
Axial Compression	P	1.106,016 <i>Comp</i>	
Axial Uplift	T		931,0110 <i>Tens</i>
Transversal Shear	Fx	174,610 <i>CTs</i>	<i>TTs</i>
Longitudinal Shear	Fy	156,829 <i>CLs</i>	<i>TLs</i>

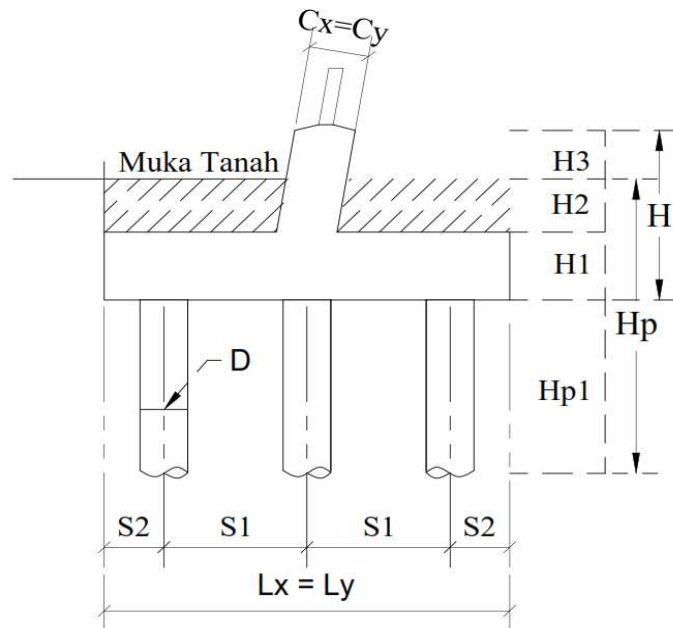
Sumber : Support Reaction Tower DD6+12 (Dari Asosiasi Pabrikan Tower Indonesia / Aspatindo)

4.1.4 Spesifikasi Material :

Mutu Beton	K 225	$f_c' = 18,675 \text{ Mpa}$	
Berat Jenis Beton	BJb	$= 24 \text{ kN/m}^3$	
Baja Tulangan	U39	$f_y = 390 \text{ Mpa}$	U24 $f_y' = 240 \text{ Mpa}$
Berat Jenis Tanah	BJs	$= 16 \text{ kN/m}^3$	

4.1.5 Dimensi Pondasi :

H :	2.00	m
H1:	0.80	m
H2:	0.70	m
H3:	0.50	m
Lx:	3.40	m
Ly:	3.40	m
Cx:	0.70	m
Cy:	0.70	m
D :	0.40	m
S1 :	1.20	m
S2 :	0.50	m
Hp:	8.50	m
Hp1 :	7.00	m
Qp :	9	pile



4.1.6 Data Desain Pondasi :

Perhitungan Volume dan Berat Pondasi

$$\begin{aligned}\text{Volume Pedestal (Vp)} &= Lx \times Ly \times H1 \\ &= 3.40 \times 3.40 \times 0.80 \\ &= 9.25 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Kolom (Vk)} &= Cx \times Cy \times H2+H3 \\ &= 0.70 \times 0.70 \times 1.20 \\ &= 0.59 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Pile (Vb)} &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Hp1 \cdot Qp \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 0.40^2 \times 7.00 \times 9 \\ &= 7.91 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Total Pondasi (Vt)} &= Vp + Vk + Vb \\ &= 9.25 + 0.59 + 7.91 \\ &= 17.75 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Pondasi (Wc)} &= Vt \times BJb \\ (\text{Weight Concrete}) &= 17.75 \times 24.00 \\ &= 425.97 \text{ kN}\end{aligned}$$

Perhitungan Volume dan Berat Tanah

$$\begin{aligned}\text{Volume Tanah (Vs)} &= (Lx.Ly.H2) - (Cx.Cy.H2) \\ &= 8.09 - 0.34 \\ &= 7.55 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Tanah (Ws)} &= V_s \times BJs \\
 (\text{Weight Soil}) &= 7.75 \times 16.00 \\
 &= 123.98 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang *bored pile* dari data Sondir berdasarkan metode *Guy Sangrelat* dan *Mayerhof*

Adapun rumus-rumus yang digunakan adalah :

Kapasitas daya dukung ijin tekan pile ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{tk} = \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{T_f \times C_p}{FK2}$$

Dimana :

- Ppile Tekan : daya dukung ijin tekan pile tunggal
- Tf : nilai total friction
- Cp : keliling selimut tiang
- FK2 : factor keamanan = 5 BJ : Berat Jenis
- Wc : Berat Beton = Vol. total pondasi x BJ beton (24.00kN/m³)
- Hp1 : panjang pile efektif
- Wp : berat 1 tiang pile = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Hp1 \cdot BJ_{beton}$
- Qp : Jumlah pile
- Ap : luas penampang tiang ($\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$)
- Cp : keliling selimut tiang ($2 \cdot \pi \cdot r$)
- FK 1 & FK 2 : factor keamanan berturut-turut 3 dan 5

Maka diketahui,

$$q_c = 91.40 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_f = 1690 \text{ kg/cm}$$

$$A_p = 1256 \text{ cm}^2$$

$$C_p = 125.6 \text{ cm}$$

$$FK\ 1 = 3$$

$$FK\ 2 = 5$$

$$\begin{aligned}
 P_{tk} &= \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{T_f \times C_p}{FK2} \\
 &= \frac{91,40 \times 1256}{3} + \frac{1690 \times 125,6}{5} \\
 &= 80718,933 \text{ Kg} \\
 &= 807,189 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.3 Check Stabilitas Tiang

Setelah daya dukung ijin tekan pile diperoleh, selanjutnya dihitung daya dukung ijin tarik dengan persamaan berikut :

$$P_{\text{pile tarik}} = \frac{(T_f \times C_p \times 0.7)}{FK2} + W_p$$

Dimana :

$P_{\text{pile Tarik}}$: daya dukung ijin tarik pile tunggal

T_f : nilai total friction

C_p : keliling selimut tiang $C_p = 125.6 \text{ cm}$

$FK2$: factor keamanan = 5 BJ : Berat Jenis = 24 kN/m^3

W_c : Berat Beton = Vol. total pondasi x BJ beton (24.00 kN/m^3)

H_{p1} : panjang pile efektif

W_p : berat 1 tiang pile $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot H_{p1} \cdot BJ_{\text{beton}} = 21.101 \text{ kN}$

Q_p : Jumlah pile = 9

Maka diketahui,

$$\begin{aligned}
 P_{ta} &= \frac{T_f \times C_p \times 0,7}{FK2} + W_p \\
 &= \frac{16,900 \times 125,6 \times 0,7}{5} + 21,101 \\
 &= 318,270 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.4 Efisiensi kelompok tiang

Perhitungan Efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus *Converse – Labbarre*, dan ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana :

θ	: $\arctan (D/S1)$	= 18.43°
D	: diameter pile	= 0.40 m
S1	: jarak antar pile	= 1.2 m
m	: jumlah tiang arah horizontal	= 3
n	: jumlah tiang arah vertical	= 3
Qp	: jumlah pile	= 9

Maka diketahui,

$$\begin{aligned}
 E_g &= 1 - \frac{(n - 1) \times m + (m - 1) \times n}{m \times n} \times \frac{\theta}{90} \\
 &= 1 - \frac{(3 - 1) \times 3 + (3 - 1) \times 3}{3 \times 3} \times \frac{18,43}{90} \\
 &= 0,72689
 \end{aligned}$$

Setelah efisiensi kelompok tiang diperoleh, selanjutnya dihitung Beban Maksimum atau Pmaks ijin kelompok tiang dengan persamaan sebagai berikut :

P maks ijin kelompok tiang

$$\begin{aligned}
 &= E_g \times P_{tk} \times Q_p \\
 &= 5280,64 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan Gaya Tekan Dan Gaya Tarik Tiang

Setelah daya dukung ijin tiang tekan, tarik, stabilitas dan efisiensi kelompok tiang sudah diperoleh, selanjutnya dihitung gaya tekan dan tarik tiang berdasarkan data *Compression support reaction tower* (diperoleh dari Aspatindo) sesuai pada Bab III 3.4 Data teknis konstruksi tower atau pada Bab IV 4.1.3 Data Support Reaction Tower DD+12

Compression :

$$F_{yc} \text{ (Geser Longitudinal)} = 156.829 \text{ kN}$$

$$F_{xc} \text{ (Geser Transversal)} = 174.610 \text{ kN}$$

$$F_c \text{ (Tekanan Aksial)} = 1106.016 \text{ kN}$$

$$H \text{ (Tinggi dasar pad s.d chimney)} = 2 \text{ m}$$

Perhitungan gaya tekan dan tarik tiang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{maks} = \frac{(\sum P_v)}{Q_p} + \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{n_y \cdot \sum y^2} + \frac{M_y \cdot X_{maks}}{n_x \cdot \sum X^2}$$

Dimana :

$$P_{maks} : \text{Beban maksimum tiang} \dots \dots \dots \sum P_v = F_c + W_c = 1531.987 \text{ kN}$$

$$M_x : \text{Momen yang bekerja pada sumbu X} \dots \dots M_x = ((D/\tan \alpha) \cdot P) - (F_y \cdot D) = 61.67 \text{ kNm}$$

$$M_y : \text{Momen yang bekerja pada sumbu Y} \dots \dots M_y = ((D/\tan \alpha) \cdot P) - (F_x \cdot D) = 26.11 \text{ kNm}$$

$$X_{maks} : \text{Absis terjauh tiang terhadap titik berat} \dots \dots = 1.20 \text{ m}$$

$$Y_{maks} : \text{Absis terjauh tiang terhadap titik berat} \dots \dots = 1.20 \text{ m}$$

$$Q_p : \text{Jumlah tiang} = 9$$

$$n_x : \text{Banyak tiang pada sumbu x} = 3$$

$$n_y : \text{Banyak tiang pada sumbu y} = 3$$

$$\sum X^2 : \text{Jumlah kuadrat absis tiang} = X_{maks}^2 \times n_x = 4.32 \text{ m}^2$$

$$\sum Y^2 : \text{Jumlah kuadrat absis tiang} = Y_{maks}^2 \times n_y = 4.32 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P_{maks} &= \frac{\sum P_v}{Q_p} + \frac{M_x \times Y_{maks}}{n_y \times \sum y^2} + \frac{M_y \times X_{maks}}{n_x \times \sum X^2} \\ &= \frac{1531,99}{9} + \frac{61,67 \times 1,20}{3 \times 4,32} + \frac{26,11 \times 1,20}{3 \times 4,32} \\ &= 178,349 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\min} &= \frac{\sum P_v}{Q_p} - \frac{M_x}{n y} \times \frac{Y_{\max}}{\sum y^2} - \frac{M_y}{n x} \times \frac{X_{\max}}{\sum X^2} \\
 &= \frac{1531,99}{9} - \frac{61,67}{3} \times \frac{1,20}{4,32} - \frac{26,11}{3} \times \frac{1,20}{4,32} \\
 &= 162,093 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$P_{\max} = 178,35 \text{ kN} \quad \boxed{<} \quad P_{tk} = 807,19 \text{ kN}$$

OK

4.6 Keamanan Pondasi Bored Pile Terhadap Uplift

Setelah perhitungan daya dukung tiang, stabilitas tiang dan efisiensi kelompok tiang OK, maka dilakukan perhitungan analisa keamanan pondasi bored pile terhadap uplift. Berikut perhitungannya :

Daya dukung ijin tarik pile tunggal	P_{ta}	= 318.270	kN
Jumlah tiang	Q_p	= 9	
Berat Pondasi	W_c	= 425.97	kN
Berat Tanah	W_s	= 123,98	kN
Aksial Uplift (Tension)	T	= 931.01	kN
Safety Factor (SF)	SF	= 2	

4.6.1 Berat yang menahan gaya Uplift (Weight Uplift/ W_u)

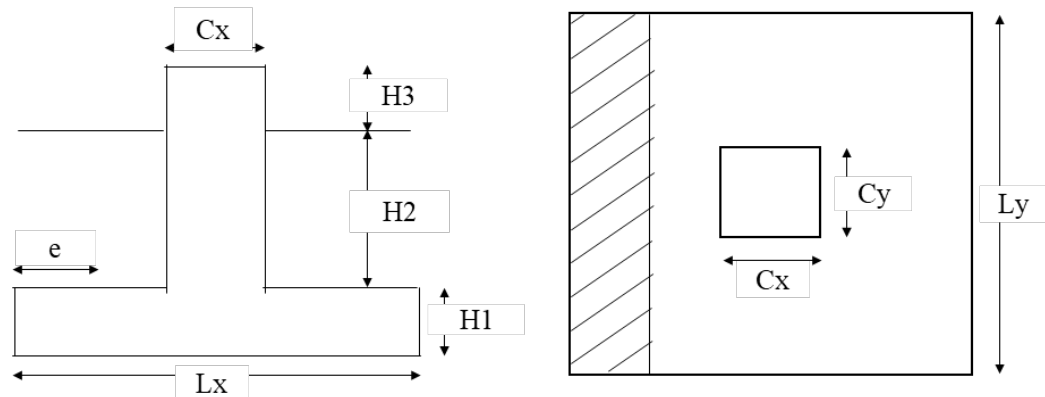
$$\begin{aligned}
 W_u &= (P_{ta} \times Q_p) + W_c + W_s \\
 &= 3414.39 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$W_u/T > SF = 3.67 > 2.00 \text{ (AMAN)}$$

“Pondasi AMAN terhadap Berat yang menahan gaya angkat/uplift”.

Setelah perhitungan Berat yang menahan gaya uplift, kemudian dilakukan perhitungan Kontrol geser pada Pondasi

4.6.2 Kontrol Geser 1 Arah



$$\begin{aligned}\text{Eksentris (e)} &= \frac{1}{2}Lx - \frac{1}{2}Cx - H1 \\ &= 0.5 \times 3.40 - 0.5 \times 0.7 - 0.80 \\ &= 0.55 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pe &= Pmin + \frac{e \times (Pmax - Pmin)}{Lx} \\ &= 162,09 + \frac{0,55 \times (178,35 - 162,09)}{3,40} \\ &= 164,7 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Vu &= e \times Lx \times \left(Pe + \frac{(Pmaks - Pe)}{2} \right) \\ &= 0,55 \times 3,40 \times \left(164,72 + \frac{(178,35 - 164,72)}{2} \right) \\ &= 320,8 \text{ kN}\end{aligned}$$

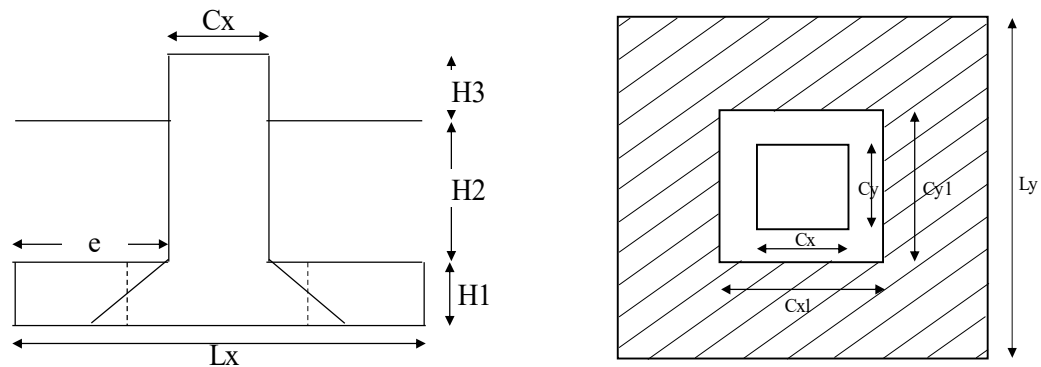
$$\begin{aligned}Vc &= \frac{1}{6} * \sqrt{f'c} * Lx * H1 \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{18,675} \times 3400 \times 800 \\ &= 1959061,00 \text{ N} \\ &= 1959,06 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\Theta = 0.75$$

Gaya geser yang disebabkan oleh beban terfaktor (V_u) harus lebih kecil dari gaya geser yang disumbangkan beton ($\Theta.V_c$)

$$\begin{array}{rclcl} \text{Syarat } V_u & < & \Theta.V_c & & \\ & < & 0,75 & \times & 1959,06 \\ 320,8 & < & 1469,3 & & \\ & \text{AMAN} & & & \end{array}$$

4.6.3 Kontrol Geser 2 Arah (Geser Pons)



Maka diketahui,

Luas Penampang

$$\begin{aligned} P_u &= F_c + W_c \\ &= 1531.99 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

$$Q_p = 9$$

$$H_1 = 0.80 \quad \text{m}$$

a. Kontrol Geser 2 arah disekitar kolom

$$C_x = C_y = 0.70$$

$$C_{x1} = C_{y1} = C_x + H_1 = 1.50 \quad \text{m}$$

Luas penampang kritis dari atas pondasi

$$\begin{aligned} L_s &= C_{x1} \times C_{y1} \\ &= 1.50 \times 1.50 = 2.25 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang kritis/geser

$$\begin{aligned} b_o &= (2 \times C_{x1}) + (2 \times C_{y1}) \\ &= 3 + 3 = 6 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\beta_c = 1.00$$

Nilai konstanta

$$a_s = 20 \text{ (kolom sudut)}$$

$$\begin{aligned} V_u &= P_u \\ &= 1531.99 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser yang ditahan beton (*diambil nilai terkecil antara*)

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) * \left(\frac{\sqrt{f_c} * b_o * H1}{6} \right) \\ &= \left(1 + \frac{2}{1} \right) * \left(\frac{\sqrt{18,675} * 6000 * 800}{6} \right) \\ &= 10371499,41 \text{ N} \\ &= 10371,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= \left(2 + \frac{a_s * H1}{b_o} \right) * \left(\frac{\sqrt{f_c'} * b_o * H1}{12} \right) \\ &= 2 + \frac{20 * 800}{6000} * \left(\frac{\sqrt{18,675} * 6000 * 800}{12} \right) \\ &= 8066721,8 \text{ N} \\ &= 8066,72 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= \frac{\sqrt{f_c} * b_o * H1}{3} \\ &= \frac{\sqrt{18,675} * 6000 * 800}{3} \\ &= 6914332,94 \text{ N} \\ &= 6914,33 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka diambil nilai terkecil antara V_{c1} , V_{c2} dan V_{c3}

$$\begin{aligned} V_c &= \text{Min} (V_{c1} : V_{c2} : V_{c3}) \\ &= 6.914.33 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Phi = 0.75$$

Gaya geser yang disebabkan oleh beban terfaktor (V_u) harus lebih kecil dari gaya geser yang disumbangkan beton ($\Phi.V_c$)

Syarat,

$$\begin{aligned} V_u &\leq \Phi.V_c \\ 1532,0 &< 5185,7 \\ \text{AMAN} \end{aligned}$$

b. Kontrol Geser 2 Arah disekitar bored pile

Keliling penampang kritis

$$\begin{aligned} S2 &= 0.50 \text{ m} \\ D &= 0.40 \text{ m} \\ \mathbf{bo} &= 2 (D/2 + H1/2 + S2) = 2.20 \text{ m} \\ \beta_c &= 1.00 \end{aligned}$$

Nilai konstanta

$$\alpha_s = 20 \text{ (kolom sudut)}$$

Reaksi pada tiap pile

$$Vu = \frac{Pu}{Qp} = 170.2208 \text{ kN}$$

Gaya geser yang ditahan beton (*diambil nilai terkecil antara*)

$$\begin{aligned} Vc1 &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c} \times bo \times H1}{6} \right) \\ &= \left(1 + \frac{2}{1} \right) \times \left(\frac{\sqrt{18,675} \times 2200 \times 800}{6} \right) \\ &= 3802883,12 \text{ N} \\ &= 3802,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vc2 &= \left(2 + \frac{\alpha_s \times H1}{bo} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'} \times bo \times H1}{12} \right) \\ &= 2 + \frac{20 \times 800}{2200} \times \left(\frac{\sqrt{18,675} \times 2200 \times 800}{12} \right) \\ &= 5877183,0 \text{ N} \\ &= 5877,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vc3 &= \frac{\sqrt{f_c} \times bo \times H1}{3} \\ &= \frac{\sqrt{18,675} \times 2200 \times 800}{3} \\ &= 2535255,41 \text{ N} \\ &= 2535,26 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka diambil nilai terkecil antara Vc1, Vc2 dan Vc3

$$\begin{aligned} Vc &= \text{Min} (Vc1 : Vc2 : Vc3) \\ &= 2.535.26 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Phi = 0.75$$

Gaya geser yang disebabkan oleh beban terfaktor (V_u) harus lebih kecil dari gaya geser yang disumbangkan beton ($\Phi.V_c$)

Syarat,

$$V_u \leq \Phi.V_c$$

$$170,2 < 1901,4$$

AMAN

4.6.4 Perhitungan Tulangan

a. Perhitungan tulangan tiang

Momen pada tiang pile	M_u	=	349.22 kNm
Beban maksimum tiang pile	P_u	=	178,35 kN
Diameter pile	D	=	400 mm
Panjang pile	H_{p1}	=	7000 mm
Berat jenis beton	B_{J_b}	=	24.00 kN/m ³
Mutu beton K-225	f_c'	=	18.675 Mpa
Mutu baja U39	f_y	=	390 Mpa
Mutu baja U24	f_y'	=	240 Mpa
Tebal pedestal	H_1	=	800 mm
Selimut beton	p	=	75 mm
Diameter tulangan	Φ	=	16 mm
Diameter Sengkang	Φ	=	10 mm
Lebar kolom efektif	d'	=	$D - p - \frac{1}{2} \Phi$ tulangan
		=	317 mm
	b	=	1000 mm
	β	=	0.85

(i) Menentukan rasio tulangan balance dan rasio tulangan maksimum (ρ_b)

ρ_b :

$$\rho_b = \frac{(\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y}) \times (\frac{600}{600 + f_y})}{0.0210}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.016$$

$$\rho_{min} = \frac{1}{4} / f_y$$

$$= 0.004$$

(ii) Menentukan luas tulangan

$$M_u = k \times b \times d^2$$

$$K = M_u / (b \times d^2)$$

$$= 0.3475$$

$$K = 0.9 \times \rho \times f_y$$

$$\rho = K / 0.9 \times f_y$$

$$= 0.00099 < \rho_{min} = 0.0036$$

Maka diambil, $\rho_{min} = 0.0036$

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b \times d'$$

$$= 1137.9 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 201.14 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang digunakan $N = 8$

$$A_s' = A_s \times N$$

$$= 1609.1 \text{ mm}^2 > A_{smin} = 1137.9 \text{ mm}^2$$

OK

Maka tulangan yang digunakan adalah tulangan = 8 D 16mm

(iii) Kontrol terhadap tulangan geser

$$\text{Tinggi pile } H_{p1} = 7.00 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah pile } Q_p = 9$$

$$F_{xc} = 174.61 \text{ kN}$$

$$F_{yc} = 156.829 \text{ kN}$$

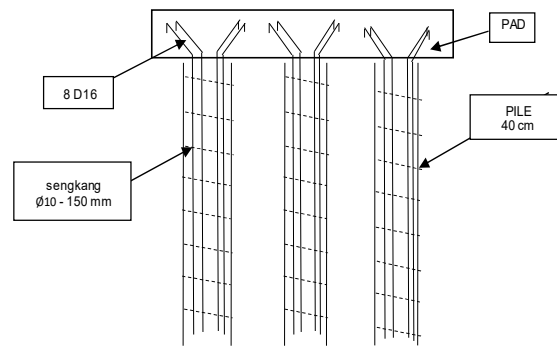
$$H_{maks} = 174.61 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya geser, } V_u = H_{maks} / Q_p$$

$$= 19.401 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot D \cdot d'$$

$$\begin{aligned}
 &= 91326.81 \quad \text{N} \\
 &= 91.33 \quad \text{kN} \\
 \Theta &= 0.8 \\
 V_n &= V_u / \Theta \\
 &= 25.868 \quad \text{kN}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &\text{Kontrol } V_u > f_{vc} \\
 f_{vc} &= \Theta \times V_c \\
 &= 68.495 \quad \text{kN} \\
 V_u &< f_{vc}
 \end{aligned}$$

Karena V_u lebih kecil ($<$) dari f_{vc} , maka tidak perlu tulangan geser
“Maka digunakan tulangan praktis Ø10 – 150”.

b. Perhitungan Tulangan Pad

Mutu beton	f_c	= 18.675	Mpa
Mutu baja	f_y	= 390	Mpa
Ø Tul. Pad	D_{pad}	= 19	mm
Selimut beton	sb	= 75	mm

$$\mathbf{L_x = L_y = 3400 \quad mm}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{L_x'} &= L_y - sb - \frac{1}{2} . D \\
 &= 3400 - 75 - \frac{19}{2} \\
 &= 3316 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Tebal Pad	H_1	= 800	mm
-----------	-------------------------	-------	----

Tebal efektif pad	H_1'	= $H_1 - sb - \frac{1}{2} . D$	
		= $800 - 75 - \frac{19}{2}$	
		= 715.5	mm

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F_a} &= L_x . L_y \\
 &= 11.56 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{X} &= (1/2 \times L_x) - (1/2 \times C_x) \\
 &= 1.35 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Momen yang bekerja } \mathbf{Mu} &= 2 (P_{ult}/Q_p) \times (H_1 - (D/2)) \\
&= 204.26 \quad \text{kNm} \\
\mathbf{\beta_1} &= 0.85 \\
\mathbf{\Phi} &= 0.80 \\
\mathbf{\rho_b} &= \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
&= \frac{0.85 \times 0.85 \times 18.675}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\
&= 0.021 \\
\mathbf{\rho_{maks}} &= 0.75 \times \rho_b \\
&= 0.75 \times 0.021 \\
&= 0.016 \\
\mathbf{K} &= \frac{Mu}{\Phi \cdot 1000 \cdot H_1^2} \\
&= \frac{204264960}{0.80 \times 1000 \times 511940} \\
&= 0.4999 \quad \text{Mpa} \\
\mathbf{m} &= \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c} \\
&= \frac{390}{0.85 \times 18.7} \\
&= 24.569 \\
\mathbf{K} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \frac{\sqrt{1 - 2m \cdot K}}{f_y} \right) \\
&= \frac{1}{24.569} \times \left(1 - \frac{\sqrt{1 - 2 \times 24.569 \times 0.499}}{390} \right) \\
&= 0.0013 \\
\mathbf{\rho_{min}} &= 0.0020 \quad (\text{SNI 03 - 2847 - 2002 Pasal 16.3.3.1}) \\
\text{Rasio yang dipakai } \mathbf{\rho} &= 0.0020 \\
\text{Luas tulangan } \mathbf{A_s} &= \rho \times L_x' \times H_3' \\
&= 0.002 \times 3316 \times 715.5 = 4744.4805 \quad \text{mm} \\
\text{Luas tulangan D19 } \mathbf{A_{s0}} &= 1/4 \pi D^2 \\
&= 1/4 \times (22/7) \times 19^2 \\
&= 283.642857 \quad \text{mm} \\
\text{Asumsi jarak tulangan } \mathbf{s} &= 150 \quad \text{mm}
\end{aligned}$$

$$\text{Luas tulangan terpakai } A_s = \frac{A_{s0} \times L_x'}{s} = 6269.45 \quad \text{mm}$$

$$\text{Kontrol } A_s > A_s'$$

AMAN

Ditemukan Kontrol tulangan Pad aman maka dipakai tulangan D19 – 150mm

c. Perhitungan tulangan Chimney

$$\begin{aligned} \text{Momen yang bekerja } M_u &= F_{\text{maks}} (F_{x_c} \text{ dan } F_{y_c}) \times H \\ &= 174.61 \times 2.00 \end{aligned}$$

$$= 349.22 \quad \text{kNm}$$

$$P_{\text{ult}} = 425.97 \quad \text{kN}$$

$$C_x = C_y = 700 \quad \text{mm}$$

$$\text{Berat Jenis Beton } B_{J_{\text{beton}}} = 24.00 \quad \text{kNm}^3$$

$$\text{Mutu beton K-225 } f_c' = 18.675 \quad \text{Mpa}$$

$$\text{Mutu Baja } f_y = 390 \quad \text{Mpa}$$

$$\text{Selimut beton } p = 75 \quad \text{mm}$$

$$\phi_{\text{tul}} = 19 \quad \text{mm}$$

$$C_x' = C_x - p - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul}}$$

$$= 700 - 75 - 0.5 - 19$$

$$= 615.5 \quad \text{mm}$$

Menurut Peraturan **SKSNI – T15-1991**, rasio antara luas tulangan dan luas kolom harus lebih besar dari 1 % (persen)

$$\rho = 0.0100$$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \rho \cdot C_x \cdot C_x' \\
 &= 0.0100 \times 700 \times 615.5 \\
 &= 4308.5 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan D19,

$$\begin{aligned}
 A_{s0} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times (22/7) \times 19^2 \\
 &= 283.642857 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan S = 20 batang

$$\begin{aligned}
 A_{s'} &= A_{s0} \times S \\
 &= 283.642857 \times 20 \\
 &= 5673 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s'} &> A_{st} \\
 5673 &> 4309 \\
 \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol rasio} &= A_s / (C_x \cdot C_y) \\
 &= 0.012 \\
 &= 1.158 \%
 \end{aligned}$$

Diketahui Tulangan rasio antara luas tulangan dan luas kolom lebih besar dari 1%. Maka dipakai tulangan 20 D19

Kontrol terhadap tulangan geser,

berdasarkan **SNI 03 – 2874 – 2002** Pasal 13.8.6

$$\phi \text{ sengkang} = 10 \quad \text{mm}$$

Selimut beton $p = 75$ mm

Lebar chimney $Cx = 700$ mm

Lebar kolom efektif,

$$\begin{aligned}b' &= b - p - \frac{1}{2} \Phi_{tulangan} \\&= 700 - 75 - 0.5 \times 10 \\&= 620 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Vu_{\max} &= F_{\max} (Fx_c \text{ dan } Fy_c) \\&= 174.61 \text{ kN}\end{aligned}$$

Mutu Baja $fy = 240$ Mpa

Mutu beton K225 $fc' = 18.675$ Mpa

Gaya geser yang ditahan oleh beton,

$$\begin{aligned}Vc &= \frac{\sqrt{fc} \times Cx \times Cx'}{6} \\&= \frac{\sqrt{18.675} \times 700 \times 620}{6} \\&= 312585.47 \text{ N} \\&= 312.59 \text{ kN} \\Av &= 2 \times 0.25 \times \pi \times \phi \text{ Sengkang} \\&= 157.00 \text{ mm} \\s &= 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

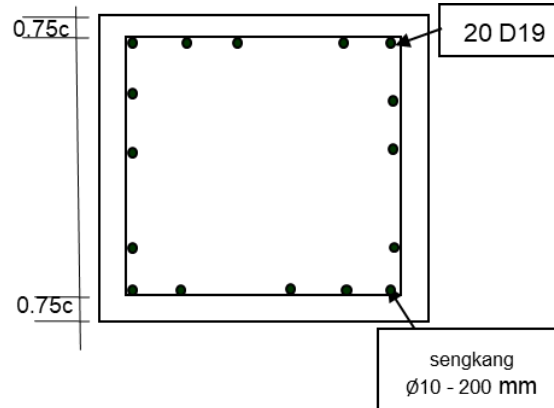
$$\begin{aligned}Vs &= (Av \times fy \times Cx') / s \\&= 116808 \text{ N} \\&= 116.81 \text{ kN} \\ \Theta &= 0.60 \\&= \Theta \times (Vc + Vs)\end{aligned}$$

$$= 0.60 \times 429.4$$

$$= 257.64 \quad \text{kN}$$

Maka, $V_u < \Theta \cdot (V_c + V_s)$
 $174,61 < 257,64$

OK



Berdasarkan SNI 03 – 2874 – 2002 kontrol terhadap tulangan geser OK, maka tulangan Sengkang yang dipakai adalah $\text{Ø}10 - 200 \text{ mm}$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil Analisa perhitungan dalam pembahasan yang dilakukan dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Hasil Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi *bored pile* berdasarkan metode Guy Sangrelat dan Mayerhof :
 - a. Daya dukung ijin tekan (Ptk) = 807,189 kN
 - b. Stabilitas tarik (Pta) = 318,270 kN
2. Hasil perhitungan Efisiensi kelompok tiang dengan 9 tiang diperoleh sebesar 0,72689 dan Pmaks ijin kelompok tiang sebesar 5280,64 kN
3. Hasil perhitungan Gaya tekan dan tarik tiang :
 - a. Pmaks = 178,35 kN
 - b. Pmin = 162,093 kN

Gaya tekan dan tarik tiang **Aman (OK)**

$$P_{maks} < P_{tk} = 178,35 \text{ kN} < 807,189 \text{ kN}$$

4. Hasil perhitungan keamanan pondasi terhadap Uplift adalah :
 - a. Berat yang menahan gaya angkat dibagi Berat tanah (W_u/T) adalah $3414,39 \text{ kN} / 931,01 \text{ kN} = 3,67$. Berat yang menahan gaya angkat **AMAN (OK)** karena lebih besar dari Faktor Keamanan ($SF=2$) = $3,67 > 2$
 - b. Kontrol Geser 1 Arah **AMAN (OK)**
 $V_u < \Theta.V_c = 320,8 < 1469,3$
 - c. Kontrol Geser 2 Arah sekitar kolom **AMAN (OK)**
 $V_u < \Theta.V_c = 1532,0 < 5185,7$
 - d. Kontrol Geser 2 Arah sekitar pile **AMAN (OK)**
 $V_u < \Theta.V_c = 170,2 < 1901,4$

5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat dilakukan menggunakan pendekatan rumus-rumus lainnya seperti metode De Alencar dan Aoki untuk mengetahui perbandingan Analisa perhitungan terkait efisiensi perencanaan pondasi tower
2. Penulis menyarankan agar tulisan ini dapat dikembangkan mengingat Pekerjaan pondasi tower saluran udara tegangan tinggi merupakan yang pertama di Provinsi Papua Barat

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. .“*Analisa dan Desain Pondasi, edisi keempat Jilid I*”. Erlangga, Jakarta, 1991
- Bowles, J.E. “*Analisa dan Desain pondasi, edisi keempat Jilid II*”. Erlangga, Jakarta, 1992
- Braja M.Das, “*Mekanika Tanah 1*”, Erlangga, Jakarta, 1998
- Braja M.Das, “*Mekanika Tanah 2*”, Erlangga, Jakarta, 1998
- Braja, M.Das, “*Principles of Geotechnical Engeenering*” PWS Engeenering, Boston, 1990
- Hardiyanto,H.C. “*Teknik Pondasi 2 edisi kedua*”. Beta Offset, Yogyakarta, 2002
- Sardjono, H.S. “*Pondasi Tiang Pancang, Jilid II*”. Sinar Jaya Wijaya, Surabaya, 1996
- Dirjen Binamarga. “*Pedoman Konstruksi dan Bangunan No. 003-01/BM/2006 PU*”. Departemen PU, Jakarta, 2009
- PT PLN Pusat Enjiniring Ketenagalistrikan. “*BUKU I Tower 150kV TYPE DD 2xZebra (2x450-SA1A-54/7)*”. Lembaga Teknologi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 2017

<https://theconstructor.org/>