

TUGAS AKHIR

**EVALUASI DESAIN PONDASI DALAM (*DEEP FOUNDATION*) *BORED PILE* MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANALISA PONDASI PADA PEKERJAAN PEMBANGUNAN SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI (SUTT) 150 KV PERBAUNGAN–
KUALANAMU
(STUDI KASUS)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

NAZRI AQSA

1807210015



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Nazri Aqsa

NPM : 1807210015

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Desain Pondasi Dalam (*Deep Foundation*) *Bored Pile* Menggunakan Perangkat Lunak Analisa Pondasi Pada Pekerjaan Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Perbaungan – Kualanamu (Studi Kasus)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 09 Juli 2024

Dosen Pembimbing



M. Husin Gultom, ST., MT

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Nazri Aqsa

NPM : 1807210015

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Desain Pondasi Dalam (*Deep Foundation*) *Bored Pile* Menggunakan Perangkat Lunak Analisa Pondasi Pada Pekerjaan Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Perbaungan – Kualanamu (Studi Kasus)

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 Juli 2024

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing




M. Husin Gultom, ST., MT

Dosen Pembanding I



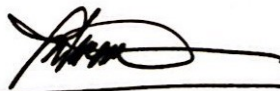
Ade Faizal, ST, M.Sc, Ph.D

Dosen Pembanding II



Tondi Amirsyah Putera, ST., MT

Ketua Prodi Teknik Sipil



Assoc. Prof. Fahrizal Zulkarnain, ST., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nazri Aqsa
NPM : 1807210015
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul “Evaluasi Desain Pondasi Dalam (*Deep Foundation*) *Bored Pile* Menggunakan Perangkat Lunak Analisa Pondasi Pada Pekerjaan Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Perbaungan – Kualanamu” Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara original dan autentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada tidak-sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran diri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 Juli 2024

Saya yang menyatakan,



Nazri Aqsa

ABSTRAK

EVALUASI DESAIN PONDASI DALAM (*DEEP FOUNDATION*) *BORED PILE* MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANALISA PONDASI PADA PEKERJAAN PEMBANGUNAN SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI (SUTT) 150 KV PERBAUNGAN – KUALANAMU (STUDI KASUS)

Nazri Aqsa

1807210015

M. Husin Gultom, ST., MT

Untuk membangun suatu menara transmisi tegangan tinggi diperlukan beberapa survei lapangan antara lain, survei geologi, survei topografi, dan survei penyelidikan tanah (*soil investigation*). Karena menara tersebut beserta perlengkapannya yang mempunyai beban yang cukup berat dan gaya guling yang cukup besar akan memerlukan desain pondasi yang tepat/cocok serta ekonomis. Untuk memikul atau menahan beban keseluruhan menara tersebut diperlukan pondasi. Pondasi adalah 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. Tegangan-tegangan tanah yang dihasilkan kecuali pada permukaan merupakan tambahan kepada beban yang sudah ada dalam massa tanah dari bobot sendiri bahan dan sejarah geologisnya. Sama halnya seperti Pondasi Tower pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) yang mana memerlukan stabilitas yang memenuhi daya dukung izin pada beberapa aspek-aspek perhitungan. Stabilitas pondasi diukur dalam berbagai aspek perhitungan seperti : Daya dukung tanah (*Soil Bearing Capacity*), daya dukung izin tekan (*Compress*), daya dukung izin Tarik (*Uplift*), gaya geser lateral (*Horizontal*), penurunan tanah terhadap pondasi (*Sattlement*), gaya guling dan selanjutnya akan ditinjau terhadap faktor keamanan (*Safety Factor*) agar terbentuk desain pondasi yang kokoh.

Kata kunci: pondasi, tiang, bor, menara, listrik

ABSTRACT

EVALUATION OF BORED PILE DEEP FOUNDATION DESIGN USING FOUNDATION ANALYSIS SOFTWARE ON 150 KV HIGH VOLTAGE AIR LINE (SUTT) CONSTRUCTION WORKS PERBAUNGAN – KUALANAMU (Case Study)

Nazri Aqsa

1807210015

M. Husin Gultom, ST., MT

To build a high voltage transmission tower, several field surveys are required, including geological surveys, topographic surveys and soil investigations. Because the tower and its equipment have quite heavy loads and quite large rolling forces, it will require an appropriate/suitable and economical foundation design. To carry or withstand the entire load of the tower, a foundation is needed. Foundations are part of an engineering system that transmits the load supported by the foundation and its own weight to and into the soil and rocks beneath it. The resulting soil stresses except at the surface are additional to the loads already existing in the soil mass from the material's own weight and geological history. The same is true for Tower Foundations on High Voltage Air Lines (SUTT) which require stability that meets the permit carrying capacity in several calculation aspects. Foundation stability is measured in various aspects of calculation such as: Soil Bearing Capacity, Compressive support capacity, Uplift capacity, horizontal shear force (Lateral), settlement of the soil against the foundation (Sattlement), force overturn and then the safety factors will be reviewed in order to form a solid foundation design.

Key words: foundation, pole, drill, tower, electricity

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat, karunia, dan kehendak-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu. Tanpa pertolongan-Nya tentunya kami tidak akan sanggup untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dengan judul “EVALUASI DESAIN PONDASI DALAM (*DEEP FOUNDATION*) *BORED PILE* MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANALISA PONDASI PADA PEKERJAAN PEMBANGUNAN SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI (SUTT) 150 KV PERBAUNGAN – KUALANAMU (STUDI KASUS)”

Dalam menulis tugas akhir ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak, yaitu:

1. Bapak M. Husin Gultom, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan yang sangat bernilai, masukan, dukungan, serta meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc, PhD selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Rizki Efrida S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Dosen pembimbing, yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis terhadap tugas akhir ini.
5. Orang tua tercinta yang telah banyak berkorban, memberikan motivasi hidup, semangat dan nasehat, beserta saudara-saudari tersayang yang selalu mendoakan dan mendukung penulis.
6. Bapak/Ibu seluruh staff pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh pegawai administrasi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Segenap tim yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yaitu Bapak Rudy Ikhtiari, Muhammad Rizky, Dhani Aprisal Ritonga, Timbul Sihotang, T. Fahmi Nadhif, Ahmad Said Baashen, Darwinton Rumapea, Elwis Sitorus, Ali Mustofa, dan yang belum penulis sebut di sini terima kasih atas segenap bantuan yang telah diberikan.

Penulis tentu menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak terdapat kesalahan serta kekurangan di dalamnya. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik serta saran dari pembaca untuk tugas akhir ini, supaya makalah ini nantinya dapat menjadi makalah yang lebih baik lagi. Demikian, dan apabila terdapat banyak kesalahan pada tugas akhir ini penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya.

Demikian, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat. Terima kasih.

Medan, 09 Juli 2024

Penyusun,



NAZRI AQSA

1807210015

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.5.1. Manfaat Teoritis	5
1.5.2. Manfaat Praktis	5
1.6. Sistematika Pembahasan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penyelidikan (<i>Soil Investigation</i>)	7
2.1.1. Conus Penetration Test (CPT).....	8
2.1.2. Pengujian Penetrasi Kerucut Statis (Sondir)	8
2.2. Pengertian Pondasi	8
2.2.1. Pondasi Tiang Pancang	9
2.2.2. Pondasi Sumuran.....	9
2.2.3. Pondasi Tiang Bor (<i>Bored Pile</i>).....	10
2.3. Stabilitas Pondasi Tiang Bor (<i>Bored Pile</i>)	12
2.3.1. Daya dukung izin tiang bor (<i>Bored Pile</i>) tunggal	12
2.3.2. Daya dukung lateral (<i>Horizontal</i>)	13
2.3.3. Penurunan Pondasi Dalam	14
2.3.4. Pondasi Tiang Kelompok (<i>Pile Group</i>)	17
2.3.5. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang	21
2.3.6. Keruntuhan Kelompok Tiang (<i>Block Feailure</i>)	23
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Data Sondir Penyelidikan Tanah (<i>Soil Investigation</i>).....	26

3.2. Pembebanan Tower	31
3.3. Data Teknis Pondasi Dalam	34
3.4. Data Konstruksi Tower	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Perhitungan Daya Izin Dukung Tiang <i>Bored Pile</i>	42
4.1.1. Daya dukung izin tiang tunggal	42
4.1.2. Efisiensi Kelompok Tiang.....	44
4.3. Pengecekan tiang <i>Bored Pile</i> terhadap gaya tekan (<i>Compress</i>).....	46
4.4. Pengecekan tiang <i>Bored Pile</i> terhadap gaya tarik (<i>Uplift</i>).....	49
4.5. Keruntuhan Kelompok Tiang (<i>Block Failure</i>).....	52
4.6. Daya Dukung Lateral (<i>Horizontal</i>).....	53
4.7. Perhitungan Penurunan Pondasi (<i>Settlement</i>)	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor geologi (MJ. Thomlison, 1977)	16
Tabel 3.1 Kepadatan Relatif Lapisan Tanah	27
Tabel 4.1 Properties Lapisan Tanah Pondasi TW. 24A	56
Tabel 4.2 Penurunan Elastis Si Tower 24	57
Tabel 4.3 Properties Lapisan Tanah Pondasi TW. 25A	57
Tabel 4.4 Penurunan Elastis Si Tower 25	59
Tabel 4.5 Properties Lapisan Tanah Pondasi TW. 27A	59
Tabel 4.6 Penurunan Elastis Si Tower 27	60
Tabel 4.7 Penurunan Konsolidasi Sc Tower 24	60
Tabel 4.8 Penurunan Konsolidasi Sc Tower 25	61
Tabel 4.9 Penurunan Konsolidasi Sc Tower 27	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Detail Alat Dutch Penetrometer	7
Gambar 2.2 Pondasi Tiang Pancang	9
Gambar 2.3 Pondasi Sumuran	10
Gambar 2.4 Bored Pile (Pondasi Tiang Bor).....	11
Gambar 2.5 Daerah Friksion pada Kelompok Tiang dari Tampak Samping	12
Gambar 2.6 Grafik Hubungan μ_i , μ_0 , kedalaman pondasi (Df) dan lebar pondasi	15
Gambar 2.7 Faktor kedalaman untuk perhitungan settlement oedometer	16
Gambar 2.8 Pola-pola Kelompok Tiang	19
Gambar 2.9 Daerah Friksion pada Kelompok Tiang dari Tampak Atas	20
Gambar 2.10 Baris Kelompok Tiang.....	21
Gambar 2.11 Beban Vertikal dan Momen.....	22
Gambar 2.12 Faktor bentuk S' untuk kelompok tiang (Meyerhof - Skempton)..	24
Gambar 2.13 Faktor kapasitas dukung Nc (Meyerhof)	24
Gambar 3.1 Skema Perencanaan Penelitian Pondasi Dalam (Bored Pile)	25
Gambar 3.2 Grafik Sondir Tower 24A	28
Gambar 3.3 Grafik Sondir Tower 25A	29
Gambar 3.4 Grafik Sondir Tower 27A	30
Gambar 3.5 Loading Tree Tower	33
Gambar 3.6 Pemodelan Menara Listrik pada Aplikasi Microsoft Tower	34
Gambar 3.7 Data Teknis Pondasi TW No.24A	36
Gambar 3.8 Data Teknis Pondasi TW No.25A	38
Gambar 3.9 Data Teknis Pondasi TW No.27A	40
Gambar 4.1 Layer Penurunan Tanah TW. 24A.....	56
Gambar 4.2 Layer Penurunan Tanah TW. 25A.....	58
Gambar 4.3 Layer Penurunan Tanah TW. 27A.....	59

DAFTAR NOTASI

q_c	= Tahanan Konus	γ	= Berat Jenis Tanah
t_r	= <i>Total Resistant</i>	N_p	= Jumlah Pile
W_{pc}	= Berat Beton Pondasi	D_o	= Diameter Pile
W_{sc}	= Berat Tanah diatas Pilecap	C_r	= Cone Resistant
A_p	= Luas Pile	L_p	= Panjang Pile
T_f	= <i>Total Skin Friction</i>	μ_g	= Faktor Geologi
Q_a	= Daya Dukung Izin	μ_d	= Faktor Kedalaman
F	= Faktor Pembagi	P_c	= Daya Dukung Tiang Tunggal Tekan
A_s	= Keliling Pile	P_t	= Daya Dukung Tiang Tunggal Tarik
W_p	= Berat Pile	H_u	= Kapasitas ultimate lateral pile
F_c	= Pembebanan vertikal tekan	Eff	= Efisiensi Kelompok Tiang
Y_c	= Pembebanan longitudinal tekan	θ	= arc tg d/s
X_c	= Pembebanan horizontal tekan	m	= Jumlah Baris Tiang
F_u	= Pembebanan vertikal tarik	n	= Jumlah Tiang dalam 1 baris
Y_u	= Pembebanan longitudinal tarik	M_u	= Momen ultimate
X_u	= Pembebanan horizontal tarik	μ_i	= Koreksi lapisan tanah tebal teratas
F_h	= Pembebanan vertikal geser	μ_o	= Koreksi kedalaman pondasi D_f
Y_h	= Pembebanan longitudinal geser	D_f	= 2/3 dari panjang pile
X_h	= Pembebanan horizontal geser	μ_g	= Faktor Geologi
B	= Lebar pad	μ_d	= Faktor Kedalaman
L	= Panjang pad	m_v	= Koefisien Kemampatan
h_{pc}	= Tebal pad	H	= Ketebalan lapisan tanah pendukung
bc	= Lebar Chimney	σ_z	= Tekanan vertikal efektif
he	= Tinggi chimney	SF	= Faktor Keamanan
m_v	= Koefisien Tekanan	N_c	= Faktor Kapasitas Dukung
E_u	= Modulus	S'	= Faktor Bentuk
S_i	= Penurunan elastis	C_b	= Kohesi Tanah dibawah tiang
S_c	= Penurunan konsolidasi	C_u	= Kohesi Tanah sekeliling tiang
t_s	= Tebal Tanah diatas pilecap	$Q_{a(tekan)}$	= Kapasitas Gaya Tekan
L'	= Panjang efektif pile	$Q_{a(tarik)}$	= Kapasitas Gaya Tarik

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebuah bangunan ibarat tubuh manusia, agar dapat berdiri dengan tegak dan tidak terjatuh, tubuh manusia membutuhkan kerja sama antar elemen, seperti tulang, otot, dan saraf. Begitu pula dengan bangunan, memiliki elemen–elemen struktur yang saling bekerja sama mutlak diperlukan agar menghasilkan bangunan yang berstruktur kuat, stabil, kokoh, aman untuk ditempati, dan nyaman. Elemen – elemen struktur tersebut terbagi menjadi dua kelas besar, sesuai dengan letak dan tugasnya. Bagian pertama merupakan elemen struktur yang berada di bawah tanah atau juga disebut dengan pondasi. Sedangkan bagian yang lain adalah elemen – elemen struktur yang berada di atas tanah. Pondasi merupakan bagian dari elemen bangunan yang berfungsi meletakkan dan meneruskan seluruh beban dari bangunan ke dasar tanah yang keras sehingga kuat mengimbangi dan mendukung (merespon) serta dapat menjamin kestabilan bangunan, paling tidak terhadap berat bangunan itu sendiri, beban yang bekerja serta beban gempa.

Untuk membuat pondasi diperlukan pekerjaan galian tanah. Pada umumnya lapisan tanah di permukaan setebal ± 50 cm adalah tanah humus yang sangat labil dan tidak mempunyai daya dukung yang baik. Oleh karena itu dasar pondasi tidak boleh diletakkan pada lapisan tanah humus ini. Untuk menjamin kestabilan pondasi dan memperoleh daya dukung yang cukup besar, maka dasar pondasi harus diletakkan pada kedalaman lebih dari 50 cm dari permukaan tanah sampai mencapai lapisan tanah asli yang keras (Yullianty Noorlaelasari, ST., MT, 2010).

Pondasi dalam (*Deep Foundation*) dipergunakan pada keadaan lapisan tanah yang lemah untuk memenuhi daya dukung yang cukup kuat. Hal ini berlaku bila kondisi tanah bersifat labil sehingga pekerjaan galian tanah atau pengeboran dilakukan dengan kedalaman yang cukup dasar sampai menemukan lapisan tanah yang lebih keras mencapai ketebalan > 6 m ke dasar tanah tergantung dengan perhitungan terhadap beban bangunan yang akan diberikan. Jenis tanah yang bersifat labil atau tidak stabil apabila mengalami perubahan dalam musim kemarau maupun musim penghujan yang besar kemungkinan terjadinya gerakan–gerakan

tanah ke atas atau ke bawah dan ke samping sehingga besar juga potensi menyebabkan longsor ataupun tanah amblas pada suatu bangunan.

Tenaga listrik adalah energi sekunder yang dibangkitkan, ditransmisikan, dan didistribusikan melalui jaringan transmisi untuk segala macam keperluan. Untuk itu pemerintah telah mengeluarkan peraturan perundang-undangan tentang penyediaan dan pemanfaatan tenaga listrik yang bertujuan menjamin tersedianya pasokan tenaga listrik dalam jumlah cukup, kualitas yang baik, dan harga yang wajar untuk meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat secara adil dan merata serta mendorong peningkatan kegiatan ekonomi yang berkelanjutan. Untuk mengimbangi lonjakan permintaan tenaga listrik, terutama di sektor industri, diupayakan agar pembangunan pembangkit serta jaringannya dapat diselesaikan tepat waktu dan tepat guna. Energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit disalurkan melalui jaringan transmisi listrik yang disebut dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Sehubungan dengan peningkatan kebutuhan penyediaan akan tenaga listrik, Maka PT. PLN (Persero) berencana membangun Jalur Transmisi 150 kV Perbaungan – Kualanamu.

Untuk membangun suatu menara transmisi tegangan tinggi diperlukan beberapa survei lapangan antara lain, survei geologi, survei topografi, dan survei penyelidikan tanah (*soil investigation*). Karena menara tersebut beserta perlengkapannya yang mempunyai beban yang cukup berat dan gaya guling yang cukup besar akan memerlukan desain pondasi yang tepat/cocok serta ekonomis. Untuk memikul atau menahan beban keseluruhan menara tersebut diperlukan pondasi. Pondasi adalah 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. Tegangan-tegangan tanah yang dihasilkan kecuali pada permukaan merupakan tambahan kepada beban yang sudah ada dalam massa tanah dari bobot sendiri bahan dan sejarah geologisnya (Bowles, J.E., Analisa dan Desain Pondasi, hal 1).

Adapun jenis pondasi yang digunakan pada Pekerjaan Pembangunan Jalur Transmisi 150 kV Perbaungan – Kualanamu adalah pondasi dalam dan dangkal. Pondasi ini berfungsi untuk memindahkan atau menyalurkan beban-beban dari konstruksi di atasnya (*upper structure*) ke lapisan tanah yang lebih dalam. Pemakaian pondasi dalam dipergunakan untuk suatu pondasi bangunan yang apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul seluruh berat dan beban menara, atau apabila tanah keras yang harus dicapai letaknya sangat dalam meskipun daya dukungnya cukup untuk memikul berat dan beban menara yang ada, sedangkan pemakaian pondasi dangkal adalah sebaliknya. Untuk itu pada Pekerjaan Pembangunan Jalur Transmisi 150 kV Perbaungan - Kualanamu menggunakan metode pondasi dalam dan dangkal. Diawali dari pembuatan lubang atau galian di tanah kemudian pemasangan besi tulangan ke dalam lubang atau galian.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menghitung daya dukung izin tekan (*Compress*) dan tarik (*Uplift*) pada tiang bor (*bored pile*) tunggal dengan data sondir pada Pekerjaan Pondasi TW. 24, TW. 25, TW. 27 Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) ?
2. Bagaimana menghitung efisiensi kelompok tiang gaya tekan (*Compress*) dan tarik (*Uplift*) dengan membandingkan berat beban pondasi pada Pekerjaan Pondasi TW. 24, TW. 25, TW. 27 Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) ?
3. Bagaimana menghitung gaya yang terjadi pada tiang bor (*bored pile*) kondisi tekan (*Compress*) dan tarik (*Uplift*) pada Pekerjaan Pondasi TW. 24, TW. 25, TW. 27 Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) ?
4. Bagaimana menghitung keruntuhan kelompok tiang (*Block Failure*) pada Pekerjaan Pondasi TW. 24, TW. 25, TW. 27 Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) ?
5. Bagaimana menghitung daya dukung lateral (*Horizontal*) dan penurunan tanah (*Sattlement*) pada Pekerjaan Pondasi TW. 24, TW. 25, TW. 27 Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) ?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi pembahasan yang melebar, maka perlu dipaparkan dibawah ini batasan masalah. Adapun ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Perhitungan daya tiang bor (*bored pile*) tunggal dari data q_c (Tekanan Konus) dan t_r (*Total Resistant*) melalui data sondir dengan menggunakan metode data uji lapangan *Conus Penetration Test* (CPT).
2. Menghitung efisiensi kelompok tiang gaya tekan (*Compress*) dan tarik (*Uplift*) dengan perbandingan hasil dari total berat beban pondasi.
3. Perhitungan total gaya tekan (*Compress*) dan tarik (*Uplift*) yang terjadi pada setiap tiang bor (*bored pile*) dalam satu pondasi dan dibandingkan dengan daya dukung tiang bor (*bored pile*) tunggal.
4. Perhitungan keruntuhan kelompok tiang (*Block Failure*) melalui data sondir dengan menggunakan metode data uji lapangan *Conus Penetration Test* (CPT).
5. Menghitung daya dukung lateral (*Horizontal*) dari hasil pembebanan tower diatas pondasi dan dilakukan perbandingan dengan gaya yang terjadi pada stuktur atas serta melakukan perhitungan penurunan tanah (*Sattlement*) dengan beberapa data faktor geologi dan faktor kedalaman tiang bor (*bored pile*).

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui daya tiang bor (*bored pile*) tunggal di beberapa titik tower yang ditinjau pada pekerjaan pondasi Konstruksi Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).
2. Untuk menentukan gaya tekan (*Compress*) dan tarik (*Uplift*) efisiensi kelompok tiang pada satu pondasi.
3. Untuk mengetahui stabilitas daya dukung tekan (*Compress*) dan daya dukung izin tarik (*Uplift*) di beberapa titik tower yang ditinjau pada Pekerjaan Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).
4. Untuk mengetahui keruntuhan kelompok tiang (*Block Failure*) yang terjadi pada beberapa titik tower yang ditinjau pada Pekerjaan Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).

5. Untuk mengetahui gaya geser lateral (*Horizontal*), penurunan tanah (*Sattlement*) di beberapa titik tower yang ditinjau pada pekerjaan Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penulisan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

1.5.1. Manfaat Teoritis

1. Sebagai bahan referensi bagi mahasiswa,
2. Penulis sendiri untuk menambah pengetahuan dan pengalaman agar mampu mengawasi pekerjaan tersebut kelak setelah lulus dari perkuliahan,
3. Menambah pengetahuan dalam hal mendesain pondasi.

1.5.2. Manfaat Praktis

Dari hasil evaluasi pada pekerjaan pondasi pada Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) diharapkan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara mengklasifikasi jenis pondasi berdasarkan kelas pondasi yang ditetapkan pada Standar PT PLN (Persero) terhadap struktur tanah dan mengetahui bagaimana penerapan desain pondasi yang tepat terhadap struktur tanah yang akan dibangun sebuah Konstruksi agar struktur bangunan dapat berdiri kokoh.

1.6. Sistematika Pembahasan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Didalam bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Didalam bab ini akan menjabarkan penjelasan mengenai karakteristik tanah, Survey Lapangan, pengenalan kelas pondasi, pembentukan tower schedule,

pengertian pondasi beserta jenis-jenisnya, dan kriteria desain perencanaan elemen struktural pada pekerjaan pondasi.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Didalam bab ini menjelaskan alur pelaksanaan pondasi dimulai dari survei, persamaan-persamaan perhitungan daya dukung tanah, perhitungan beban, stabilitas pondasi dan desain elemen struktural.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Didalam bab ini berisi tentang pengolahan data sondir dan perhitungan kapasitas daya dukung tanah terhadap stabilitas konstruksinya menggunakan aplikasi analisa pondasi *software AFES 3.0*.

BAB 5 SARAN DAN KESIMPULAN

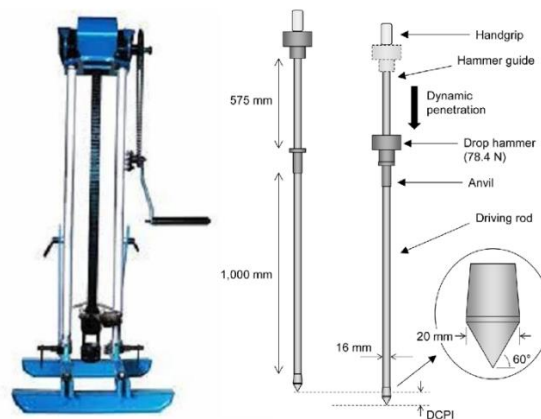
Didalam bab ini berisi tentang rangkuman dari Analisa yang telah dilakukan dan saran-saran berdasarkan kajian yang telah diteliti dalam skripsi ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penyelidikan (*Soil Investigation*)

Penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) menggunakan alat Dutch Penetrometer dengan kapasitas 2,50 ton yang mempunyai konus seluas 10 cm², sudut lancip kerucut 60° untuk mengukur perlawanan ujung, dan dilengkapi mantel (*sleeve*) yang berdiameter sama dengan konus dan luas selimut 100 cm² untuk mengukur lekatan (*friction*). Metode pengujiannya adalah *Dutch Cone Penetration Test* yaitu untuk mengetahui perlawanan/tahanan penetrasi konus/ujung (*end resistance/cone resistant*) dari lapisan tanah pendasar yang dinyatakan dalam kg/cm² dan hambatan lekat (*skin friction*) yaitu gaya perlawanan konus atau bikonus yang dinyatakan dalam kg/cm. untuk gambar detail dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Detail Alat Dutch Penetrometer

Untuk membangun suatu Tower Transmisi Tegangan Tinggi diperlukan mengadakan beberapa survei lapangan antara lain, Survei geologi, *Survey topography* dan survei penyelidikan tanah (*Soil Investigation*). Karena Tower beserta perlengkapannya yang mempunyai beban yang cukup berat dan gaya guling yang cukup besar akan memerlukan desain pondasi yang tepat/cocok serta ekonomis. Dalam mendesain tipe pondasi supaya tanah tempat tower didirikan mampu mendukung seluruh berat dan gaya guling Tower, maka sebelumnya harus diketahui karakteristik dan daya dukung tanah di lokasi Tower sehingga diperlukan penyelidikan tanah (*Soil Investigation*), melalui penyelidikan tanah ini diharapkan akan diperoleh gambaran karakteristik tanah, Tebal lapisan tanah keras serta daya

dukung tanah yang pada akhirnya akan menentukan desain tipe pondasi yang akan dipergunakan pada tower tersebut

2.1.1. Conus Penetration Test (CPT)

Pengujian CPT/sondir merupakan pengujian penetrasi yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah pada setiap lapisan serta mengetahui kedalaman lapisan pendukung yaitu lapisan tanah keras. Nilai –nilai tahanan kerucut statis atau tahanan konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian, dapat digunakan untuk menghitung kapasitas dukung pondasi dangkal atau pondasi tiang. Uji CPT adalah investigasi minimum dalam penentuan kondisi geoteknik dalam area proyek. Sondir ini juga telah diatur dalam SNI 2827:2008 mengenai Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir. Pada prinsipnya, dalam standar nasional yang diatur adalah bahwa SNI 2827:2008 menetapkan cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir untuk memperoleh parameter-parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan dengan alat sondir (penetrasi quasi statik). Parameter tersebut berupa perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total tanah (T_f), yang dapat digunakan untuk interpretasi perlapisan tanah yang merupakan bagian dari desain fondasi.

2.1.2. Pengujian Penetrasi Kerucut Statis (Sondir)

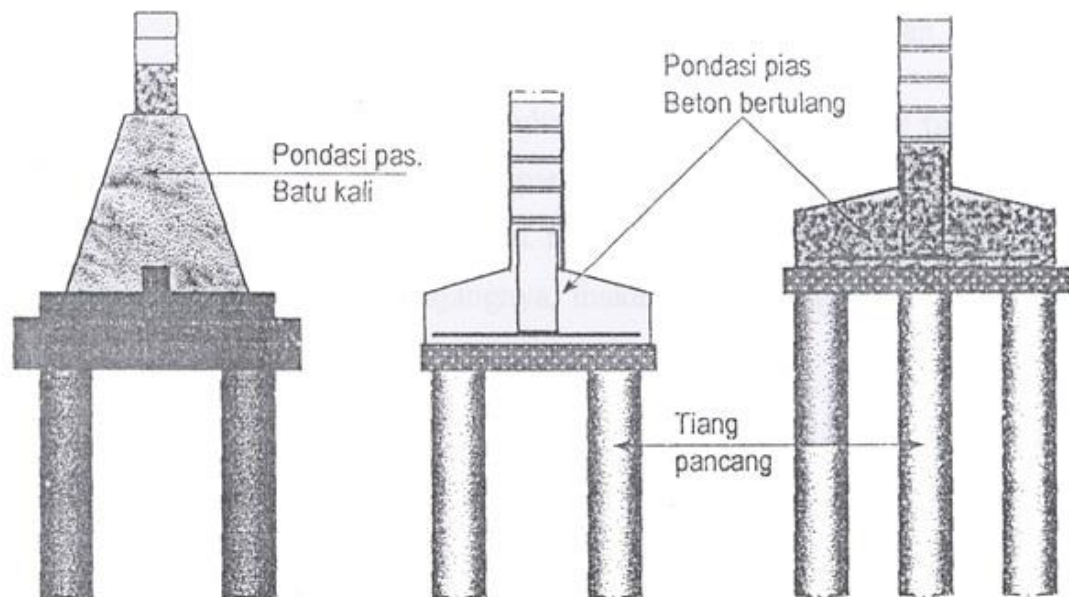
Data hasil pembacaan manometer pada alat sondir yaitu perlawanan ujung/konus (*end resistance/cone resistance*) dengan symbol CR dinyatakan dalam kg/cm^2 dan total perlawanan (*total resistant*) dinyatakan dalam kg/cm^2 , Maka dilakukan perhitungan hambatan lekat (*skin friction*) symbol SF dinyatakan dalam kg/cm , Dan jumlah hambatan lekat (*total skin friction*) symbol TSF dinyatakan dalam kg/cm dan selanjutnya di gambarkan dalam bentuk grafik sondir (*graphic sondering test*) yaitu hubungan perlawanan konus (*cone resistant*) dengan kedalaman (*depth*) dan hubungan jumlah hambatan lekat (*total skin friction*) dengan kedalaman (*depth*).

2.2. Pengertian Pondasi

Pondasi adalah suatu jenis kontruksi yang menjadi dasar dan pondasi ini berfungsi sebagai penopang kontruksi yang ada di atasnya dan bertujuan untuk diteruskan secara bertahap dan merata ke lapisan tanah. Namun, terdapat juga

pengertian lain yang menyebutkan bahwa pondasi adalah konstruksi yang telah diperhitungkan sebaik mungkin sehingga hal ini dapat menjamin keseimbangan dan kestabilan konstruksi terhadap beban yang akan dibebankan pada pondasi tersebut. Setelah kita mengetahui pengertian dari pondasi tersebut, mari kita lihat jenis-jenis pondasi dalam yang perlu diketahui:

2.2.1. Pondasi Tiang Pancang

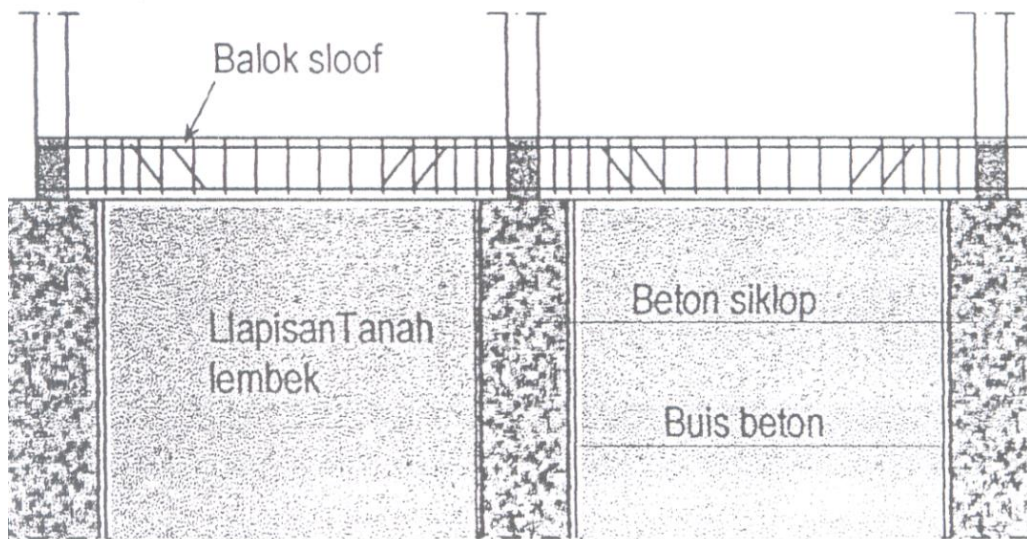


Gambar 2.2 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang adalah rangkaian kolom yang dibangun atau dimasukkan ke dalam tanah untuk mengalirkan berat bangunan ke dalam lapisan tanah. Hal ini bertujuan agar struktur bangunan dapat menjaga kestabilan dan kekuatannya, mencegah kemungkinan roboh, dan tetap terjaga kokohnya.

2.2.2. Pondasi Sumuran

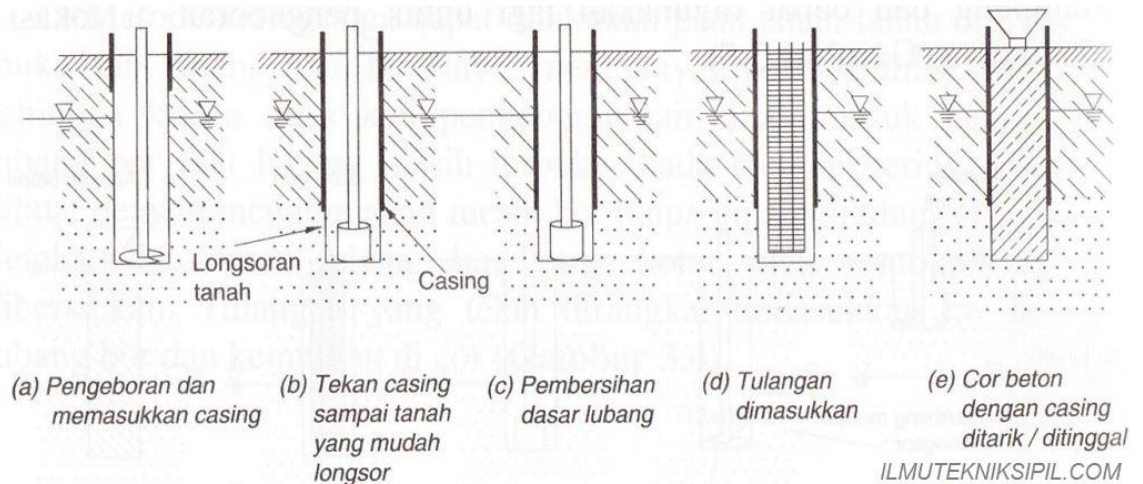
Pondasi ini sering digunakan untuk bangunan yang bertingkat. Memiliki kedalaman di bawah tanah lebih dari dua meter, pondasi ini dibuat dengan cara menggali tanah yang berbentuk bulat sampai ke kedalaman tanah yang keras, kemudian diisi dengan beton.



Gambar 2.3 Pondasi Sumuran

2.2.3. Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*) adalah bentuk Pondasi Dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah dengan ke-dalaman tertentu. Pondasi di tempatkan sampai kedalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lobang yang dibor dengan alat khusus. Setelah mencapai kedalaman yang disyaratkan, kemudian dilakukan pemasangan kesing/begisting yang terbuat dari plat besi, kemudian dimasukkan rangka besi pondasi yang telah dirakit sebelumnya, lalu dilakukan pengecoran terhadap lobang yang sudah dibor tersebut. Pekerjaan pondasi ini tentunya dibantu dengan alat khusus, untuk mengangkat kesing dan rangka besi. Setelah dilakukan pengecoran kesing tersebut dikeluarkan kembali. Jenis pondasi bore pile dipilih untuk mendukung beban bangunan dengan mengandalkan daya dukung pondasi pada tanah keras dan hambatan lekat yang terjadi pada permukaan tiang yang tidak rata akibat dari pengecoran di tempat (*in situ*).



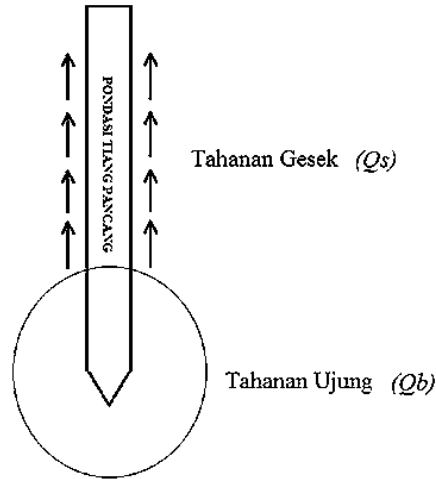
Gambar 2.4 Bored Pile (Pondasi Tiang Bor)

Pondasi ini biasanya dipergunakan untuk jenis-jenis tanah yang lembek, tanah yang berawa dengan daya dukung tanah yang kecil. Pondasi tiang bor adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu. Pemasangan pondasi tiang bor ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut dengan Temporary Casing untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton.

Sebuah tiang bor dikonstruksikan dengan cara menggali sebuah lubang bor yang kemudian diisi dengan material beton dengan memberi penulangan terlebih dahulu. Pada sebuah proyek, pemilihan tipe pondasi tergantung pada data tanah, beban yang harus dipikul (ketinggian lantai, bahan bangunan yang digunakan), dan kondisi lingkungan. Untuk bangunan jembatan jenis rangka atasnya adalah busur baja dengan bentang + 174 m dan tinggi maksimal + 20 m ini disarankan menggunakan pondasi dalam (pondasi tiang). Untuk pondasi tiang bor sendiri memiliki beberapa kriteria, antara lain: dapat digunakan pada semua jenis tanah, tingkat keberhasilan konstruksi sangat bergantung pada kemampuan dari kontraktor pelaksana, dan berbahaya bila adatekanan artesis yang dapat menerobos ke atas.

2.3. Stabilitas Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

2.3.1. Daya dukung izin tiang bor (*Bored Pile*) tunggal



Gambar 2.5 Daerah Friksion pada Kelompok Tiang dari Tampak Samping

Tahanan gesek (Q_s) adalah koefisien yang menggambarkan seberapa besar gesekan antara dua permukaan yang bersentuhan. Tahanan ujung (Q_b) adalah gaya tahanan yang dihasilkan pada bagian ujung tiang ketika tiang tersebut dimasukkan ke dalam tanah. Tahanan ujung ini merupakan salah satu komponen penting dalam analisis daya dukung tiang, terutama untuk tiang yang memiliki penambahan beban aksial.

Untuk pondasi dalam, perhitungan diawali dengan menentukan kapasitas tekan tiang pondasi tunggal, menggunakan direct method dari Wesley (1988) yang digunakan oleh PLN selama ini.

Kapasitas Tekan :

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_a = \frac{q_c A_p}{3} + \frac{T_f A_s}{5} \dots\dots\dots (2)$$

Kapasitas Tarik :

$$Q_u = Q_s \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_a = \frac{T_f A_s}{5} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- Q_u = Kapasitas ultimate tiang (kg)
- Q_a = Kapasitas izin tiang (kg)
- q_c = Tahanan ujung konus (kg / cm²)
- A_p = Luas penampang tiang (cm²)
- T_f = Total friksi (kg / cm²)
- A_s = Keliling penampang tiang (cm)

2.3.2. Daya dukung lateral (*Horizontal*)

Untuk pondasi dalam, kapasitas lateral dihitung menggunakan persamaan dari Broms dengan terlebih dulu mengkategorikan kondisi tanah menjadi tanah kohesif atau non kohesif serta kondisi tiang menjadi tiang pendek atau tiang panjang.

Berdasarkan Teori Broms (1964), daya dukung horizontal (H_u) untuk tiang panjang pada tiang ujung terjepit (*fixed end pile*) dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$H_u = 9c_u D_o f \dots\dots\dots (5)$$

$$M_u = 0,5H_u(1,5 D_o + 0,5 f) \dots\dots\dots (6)$$

$$M_u = (2,25c_u D_o) f^2 + (6,75c_u D_o^2) f \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

- H_u = kapasitas ultimate lateral pile
- M_u = kapasitas ultimate lentur pile
- c_u = undrained shear strength
- D_o = diameter pile

Nilai c_u (*undrained shear strength*) dicari dengan menggunakan nilai q_c dari sondir

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_v}{Nk} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

- q_c = tahanan konus
- σ_v = total overburden pressure
- Nk = faktor konus

De Ruiter (1982) menyatakan bahwa nilai Nk berada di antara 10 sampai dengan 15 untuk Normally consolidated clay dan di antara 15 – 20 untuk *over consolidated clays*. Ergermann (1963) dari sejumlah penelitian yang menyimpulkan bahwa nilai c_u adalah

$$c_u = S_u = \frac{q_c - \sigma_v}{2 \times 1,3 \times 5,14} = \frac{q_c - \sigma_v}{13,4} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana 1,3 adalah faktor untuk pondasi lingkaran.

Pada lapisan lempung lunak dengan kedalaman yang cukup dangkal nilai σ_v sangat kecil dan dapat diabaikan, sehingga rumus undrained shear strength dapat disederhanakan menjadi :

$$c_u = \frac{q_c}{Nk} \dots\dots\dots(10)$$

2.3.3. Penurunan Pondasi Dalam

Untuk tanah non-kohefif, penurunan total didasarkan pada konsep penurunan elastis

$$S = S_i + S_c \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

$2q_c$ = nilai modulus elastisitas tanah (E_s) dikorelasikan terhadap hasil sondir

H = ketebalan lapisan tanah

Untuk tanah kohefif, penurunan total adalah penjumlahan dari penurunan elastis (S_i) dan penurunan konsolidasi (S_c).

$$S_i = \mu_i \mu_o \frac{q_B}{E_u} \dots\dots\dots(12)$$

$$q = \frac{P_u}{B \times L} \dots\dots\dots(13)$$

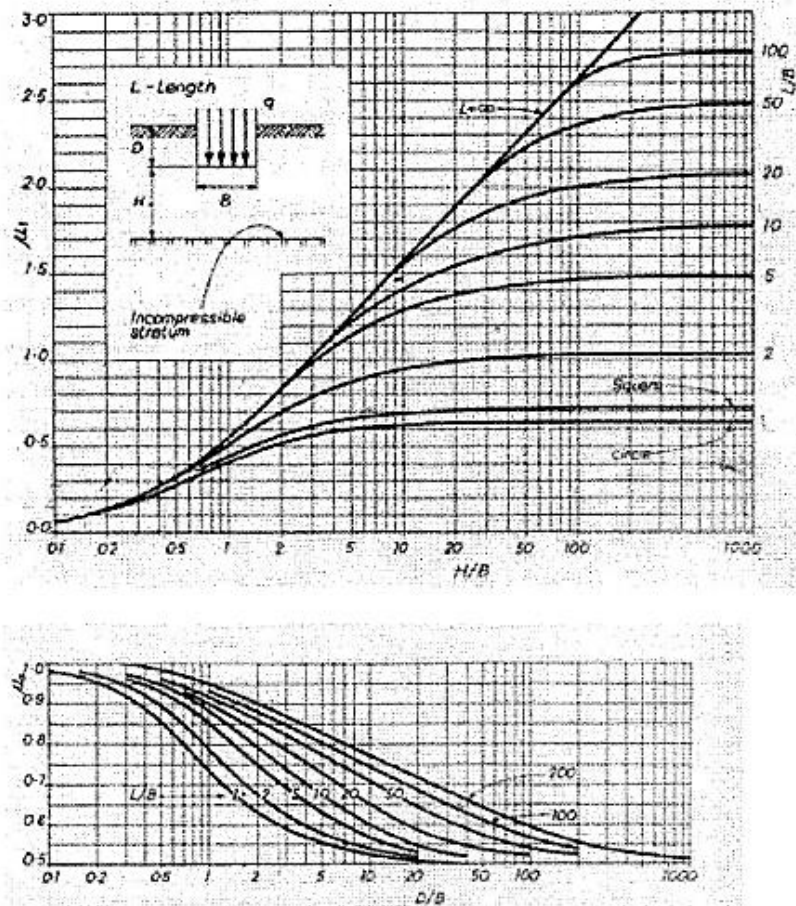
Dimana :

S_i = Penurunan elastis (mm)

μ_i = Faktor koreksi untuk lapisan tanah dengan tebal terbatas

μ_o = Faktor koreksi untuk kedalam pondasi Df

E_u = modulus deformasi



Gambar 2.6 Grafik Hubungan μ_i , μ_o , kedalam pondasi (Df) dan lebar pondasi
(Jambu, Bjerrum, dan Kjaensli)

Penurunan konsolidasi untuk setiap lapisan berdasarkan settlement oedometer (S_{oed}) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$S_c = \mu_g \times \mu_d \times \sum (m_v \times \sigma_z \times H) \dots \dots \dots (14)$$

Dimana:

μ_g = faktor geologi

μ_d = faktor kedalaman

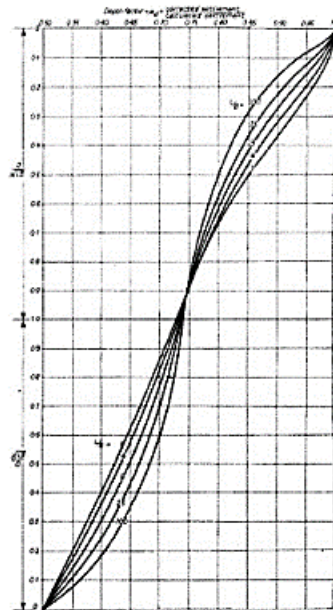
m_v = koefisien kemampatan

H = ketebalan lapisan tanah pendukung

σ_z = tekanan vertikal efektif rata-rata pada lapisan pendukung

Tabel 2.1 Faktor geologi (MJ. Thomlison, 1977)

Tipe Tanah Liat	Harga μ_g
Sangat Sensitif (Endapan Lunak)	1,0 - 1,2
Konsolidasi Normal	0,7 - 1,0
Konsolidasi Berlebihan	0,5 - 0,7
Heavily over consolidated	0,2 - 0,5



Gambar 2.7 Faktor kedalaman untuk perhitungan settlement oedometer

Settlement oedometer adalah pengujian laboratorium yang dilakukan untuk mengukur deformasi tanah akibat tekanan. Tanah yang diuji dalam oedometer akan mengalami penurunan (settlement) ketika beban diterapkan. Deformasi tanah adalah perubahan bentuk atau volume tanah akibat beban eksternal atau kondisi lingkungan. Proses ini terjadi ketika tanah mengalami tekanan atau tarikan, yang

dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti konstruksi bangunan, pergeseran tanah, atau perubahan kelembapan.

2.3.4. Pondasi Tiang Kelompok (*Pile Group*)

Untuk menahan beban di atasnya yang terlalu besar tiang pancang 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 tiang pancang kelompok dan jarak antara satu tiang dengan tiang lainnya, karena jarak yang memadai membuat reduksi akan beban menjadi tumpang tindih. Bila beberapa tiang pancang dikelompokkan, maka intensitas tekanan bergantung pada beban dan jarak antar tiang pancang yang jika cukup besar sering kali tidak praktis karena poer dicor di atas kelompok tiang (*pile group*) sebagai dasar kolom untuk menyebarkan beban pada beberapa tiang pancang dalam kelompok tersebut.

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.

$$n = P/Qa \dots\dots\dots(15)$$

Dimana:

P = beban yang berkerja

Qa = kapasitas dukung ijin tiang tunggal

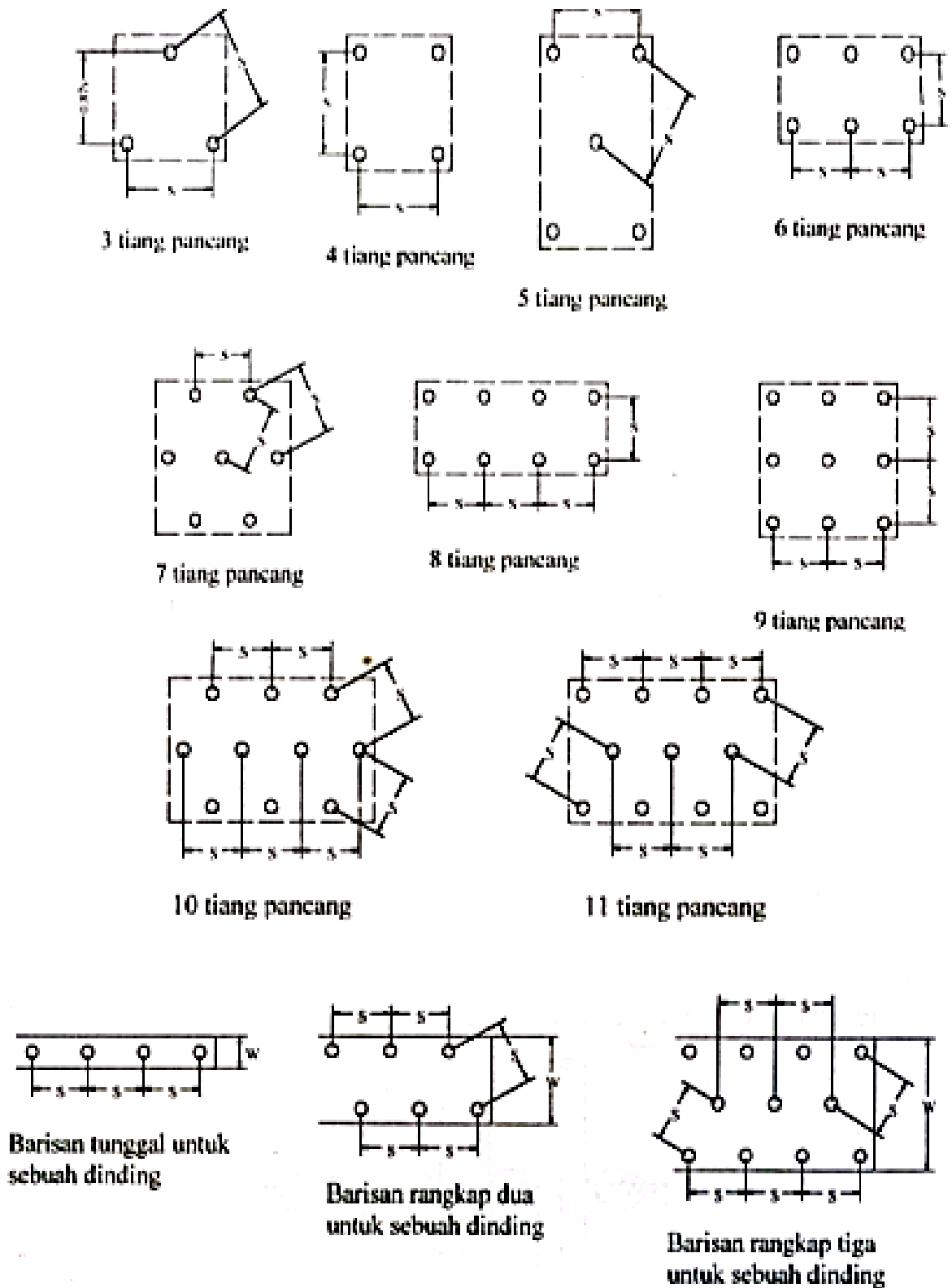
2) Jarak Tiang (*S*)

Jarak antar tiang di dalam 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:

- a) ujung tiang tidak mencapai tanah keras maka jarak tiang minimum ≥ 2 kali diameter tiang atau 2 kali diagonal tampang tiang.
 - b) ujung tiang mencapai tanah keras, maka jarak tiang minimum \geq diameter tiang ditambah 30 cm atau panjang diagonal tiang ditambah 30 cm.
- 3) Susunan Tiang

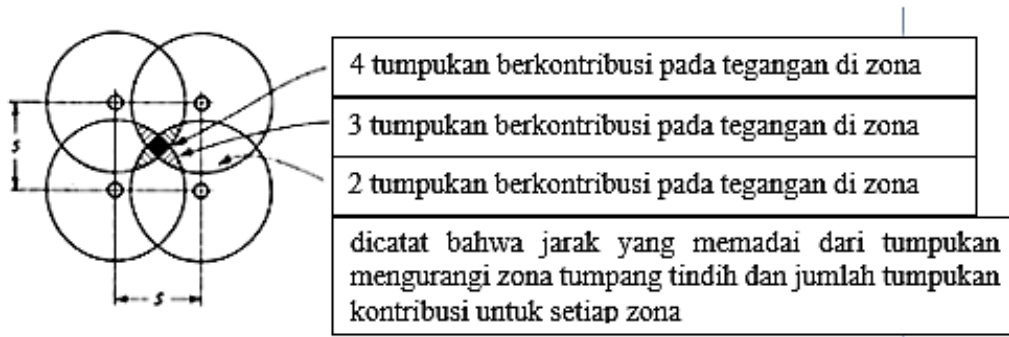
Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah pile cap, yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Bila jarak tiang kurang teratur atau terlalu lebar, maka luas denah pile cap akan bertambah besar dan berakibat volume beton menjadi bertambah besar sehingga biaya konstruksi membengkak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



Gambar 2.8 Pola-pola Kelompok Tiang

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, di mana angka ini nantinya harus dikalikan dengan kapasitas group pondasi awal (kapasitas yang didapat dari penjumlahan kapasitas tiang-tiang anggota grup tersebut).



Gambar 2.9 Daerah Friksion pada Kelompok Tiang dari Tampak Atas

Efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor, yaitu:

- Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
- Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
- Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
- Urutan pemasangan tiang.
- Macam tanah.
- Waktu setelah pemasangan.
- Interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah.
- Arah dari beban yang bekerja.

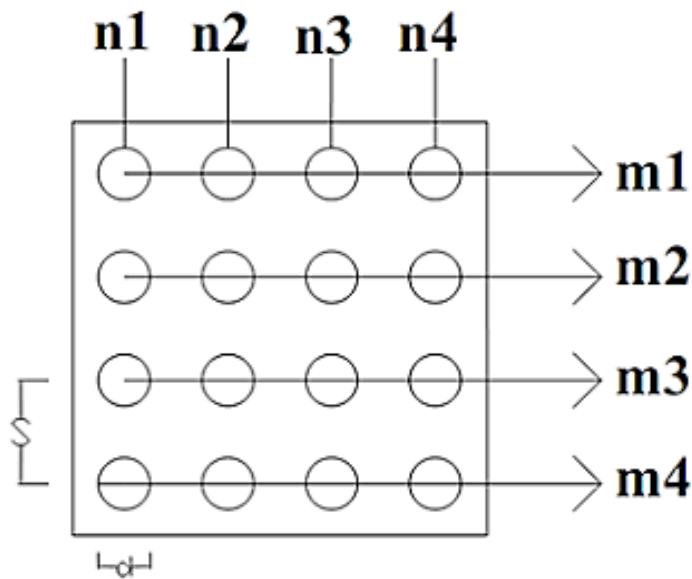
Salah satu persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut:

Converse-Labarre

$$Eff = 1 - \frac{\text{arc.tan}(dp/s)}{90^\circ} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right) \dots\dots\dots(16)$$

Dimana :

- Eff = Efisiensi kelompok tiang
- m = Jumlah baris tiang
- n = Jumlah tiang dalam satu baris
- d = Diameter tiang
- s = Jarak pusat ke pusat tiang

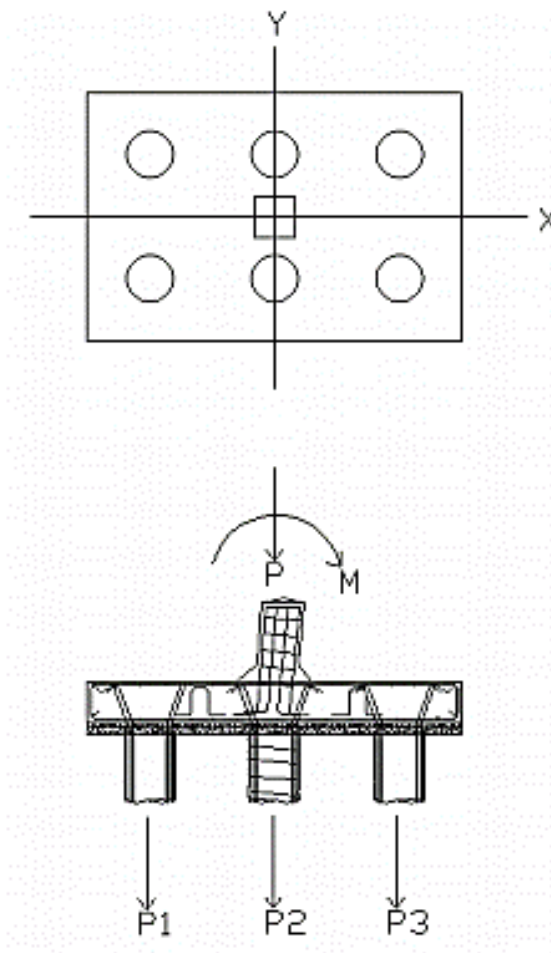


Gambar 2.10 Baris Kelompok Tiang

2.3.5. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

Akibat beban-beban dari atas dan juga dipengaruhi oleh formasi tiang dalam satu kelompok tiang, tiang-tiang akan mengalami gaya tekan atau tarik. Oleh karena itu, tiang-tiang harus dikontrol untuk memastikan bahwa masing-masing tiang masih dapat menahan beban dari struktur atas sesuai dengan daya dukungnya.

Beban aksial dan momen yang bekerja akan didistribusikan ke pile cap dan kelompok tiang berdasarkan rumus elastisitas dengan menganggap bahwa pile cap kaku sempurna sehingga pengaruh gaya yang bekerja tidak menyebabkan pile cap melengkung atau berdeformasi.



Gambar 2.11 Beban Vertikal dan Momen

$$P_{\max} = \frac{P}{N_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \sum Y^2} \dots\dots\dots(17)$$

Dimana:

- P_{max} = Beban aksial maksimum (ton)
- N_p = Jumlah pile
- M_y = Momen arah y (ton.m)
- M_x = Momen arah x (ton.m)
- n_y = Jumlah baris pile arah y
- n_x = Jumlah baris pile arah x
- X_{max} = Jarak pile terjauh dari pusat beban arah x (m)
- Y_{max} = Jarak pile terjauh dari pusat beban arah y (m)

Bila P maksimum yang terjadi bernilai positif, pile mendapatkan gaya tekan. Bila P maksimum yang terjadi bernilai negatif, pile mendapatkan gaya tarik. Dari hasil-hasil tersebut dapat dilihat jika masing-masing tiang masih memenuhi daya tekan dan atau tarik bila ada atau tidak.

2.3.6. Keruntuhan Kelompok Tiang (*Block Failure*)

Untuk kelompok tiang yang seluruhnya tertanam pada tanah lempung lunak harus ditinjau mekanisme keruntuhan kelompok tiang. Keruntuhan kelompok tiang terjadi bila tiang pancang/bor dipasang pada jarak yang berdekatan. Saat tiang turun akibat beban struktur di atasnya, tanah di antara tiang tersebut ikut bergerak turun sehingga antara tiang dan tanah di antara tiang-tiang tersebut merupakan suatu kesatuan. Bila tanah yang mendukung kelompok tiang tersebut runtuh, dikatakan model keruntuhannya adalah keruntuhan blok. Dalam perencanaan, kasus seperti ini harus dihitung untuk membandingkan nilai daya dukung yang dihasilkan kelompok tiang dan nilai daya dukung tiang tunggal. Hasil yang digunakan adalah nilai daya dukung yang terkecil.

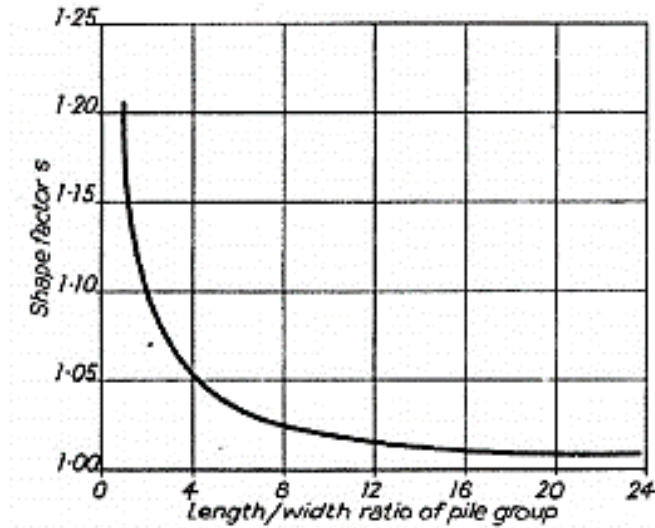
Daya dukung kelompok tiang tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan Terzaghi and Peck (1948).

$$Q = \frac{2 L_p(B+L)c_u + 1,3c_b S' N_c B L}{SF} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

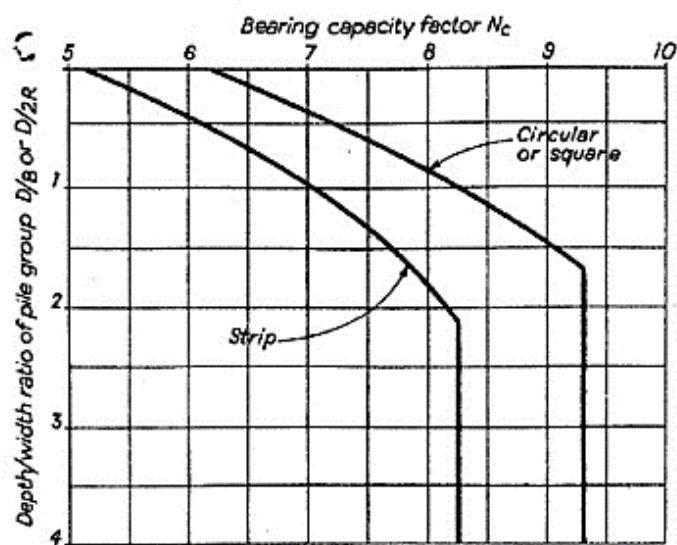
- Q = kapasitas dukung kelompok tiang (ton)
- L_p = kedalaman tiang di bawah permukaan tanah (m)
- B = lebar kelompok tiang, dihitung dari pinggir tiang (m)
- L = panjang kelompok tiang, dihitung dari pinggir tiang (m)
- C_u = kohesi tanah di sekeliling kelompok tiang (kg/cm²)
- C_b = kohesi tanah di bawah dasar kelompok tiang (kg/cm²)
- S' = faktor bentuk
- N_c = faktor kapasitas dukung
- SF = faktor keamanan

Secara umum, semakin besar rasio antara dimensi dan panjang tiang, semakin besar kemungkinan tiang tersebut mengalami perilaku buckling. Untuk kelompok tiang, interaksi antara tiang-tiang yang berdekatan juga perlu dipertimbangkan, seperti pengaruh beban lateral dan pengaruh sistem pengikatan.



Gambar 2.12 Faktor bentuk S' untuk kelompok tiang (Meyerhof - Skempton)

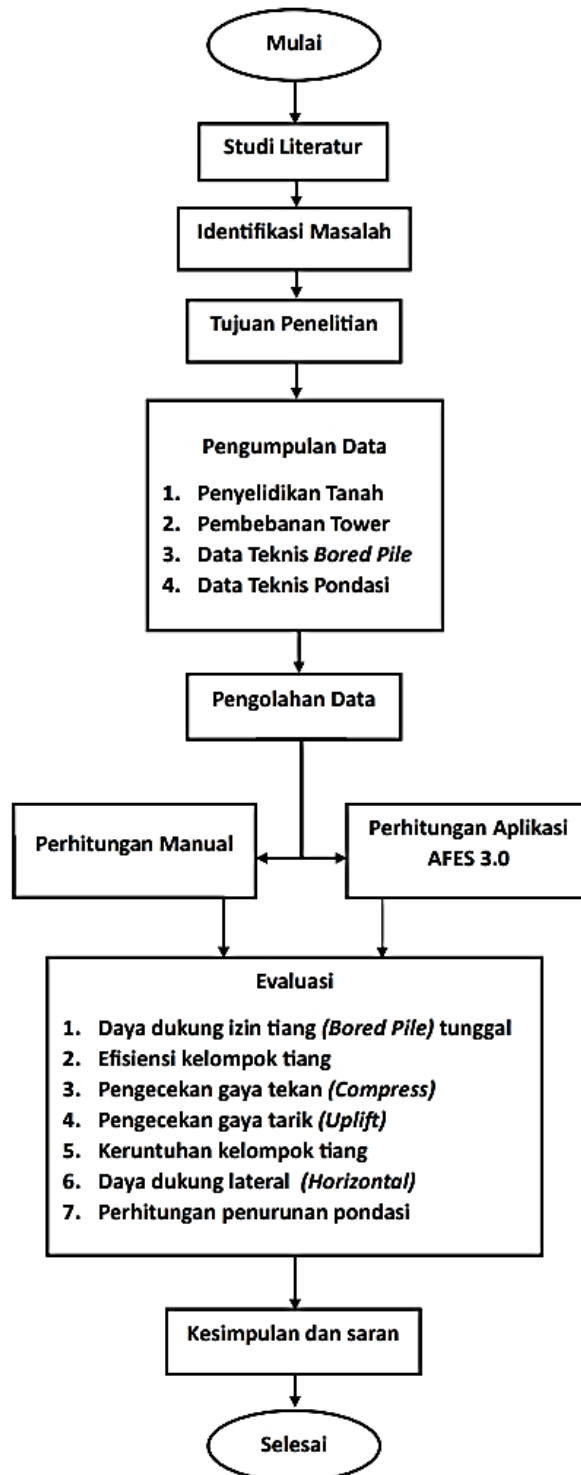
Faktor kapasitas dukung N_c merujuk pada parameter dalam analisis fondasi, terutama dalam konteks tiang atau kelompok tiang. Faktor ini menggambarkan kemampuan tiang untuk mendukung beban tanpa mengalami kegagalan.



Gambar 2.13 Faktor kapasitas dukung N_c (Meyerhof)

BAB 3

METODE PENELITIAN



Gambar 3.1 Skema Perencanaan Penelitian Pondasi Dalam (*Bored Pile*)

3.1. Data Sondir Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Pelaksanaan Sondir dilakukan sesuai dengan Standard ASTM D 3411 T 75, Dengan memakai alat sondir ringan kapasitas 2,5 ton. Pekerjaan sondir dilakukan untuk mengetahui perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya geser persatuan luas. Sedangkan hambatan lekat adalah perlawanan geser terhadap selubung bikonus dalam gaya per satuan panjang. Alat yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah melalui sondir ini adalah penetrometer (*Dutch Cone Penetration Test*). Penyondiran ini dilakukan sampai mencapai kekuatan tanah keras dengan bacaan nilai konus $CR = 200 \text{ kg/cm}^2$ atau mencapai kedalaman max. 20meter, Maka pekerjaan sudah dapat dihentikan. Dalam pekerjaan ini bila tidak dapat diperoleh keterangan tentang jenis tanah, Maka untuk mengetahui diambil dari lobang bor yang berdampingan dengan titik sondir.

Dari penyondiran dengan memasukkan bikonus ke dalam tanah akan didapatkan *Cone Resistance* (CR) dan *Total Resistance* (TR) dalam satuan kg/cm^2 dari pembacaan manometer untuk tiap interval 20 cm. Dengan didupatkannya CR dan TR, Maka selanjutnya dari analisa akan didapatkan :

1. $FR = TR - CR$

FR = Friction Resistance kg/cm^2

TR = Total Resistance kg/cm^2

CR = Cone Resistance kg/cm^2

2. $SF = FR \times 20/10$ kg/cm

SF = Skin Friction kg/cm

20 = interval pembacaan.....(cm)

10 = Faktor alat (Reduction Factor)

3. $TSF = \text{Total Skin Friction}$ kg/cm

4. $LSF = FR / 10$

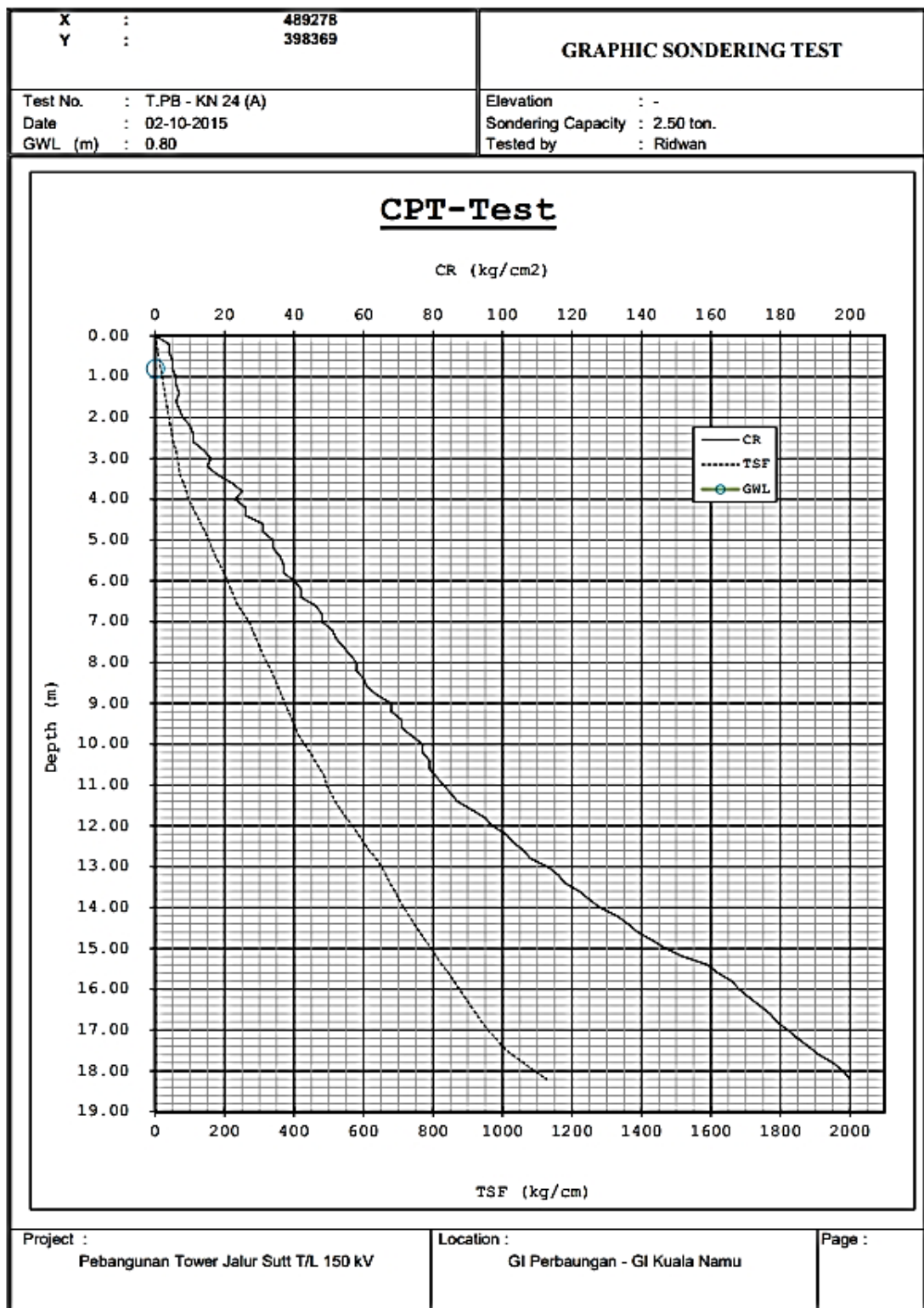
LSF = Local Skin Friction..... kg/cm^2

Data hasil pembacaan manometer pada alat sondir, perlawanan ujung/konus (*end resistance/cone resistance*) dengan simbol CR dinyatakan dalam kg/cm² dan total perlawanan (*total resistant*) dalam kg/cm². Kemudian, dilakukan perhitungan hambatan lekat (*skin friction*) dengan simbol SF dinyatakan dalam kg/cm, dan jumlah hambatan lekat (*total skin friction*) dengan simbol TSF dalam kg/cm dan selanjutnya digambarkan dalam bentuk grafik sondir (*graphic sondering test*) yaitu hubungan perlawanan konus (*cone resistant*) dengan kedalaman (*depth*) dan hubungan jumlah hambatan lekat (*total skin friction*) dengan kedalaman (*depth*) yang tidak akan ditampilkan di sini. Berdasarkan hasil pengujian penetrasi sondir, yaitu dari data perlawanan konus (*cone resistant* = CR), tingkat kepadatan relatif lapisan tanah dapat diketahui:

Tabel 3.1 Kepadatan Relatif Lapisan Tanah

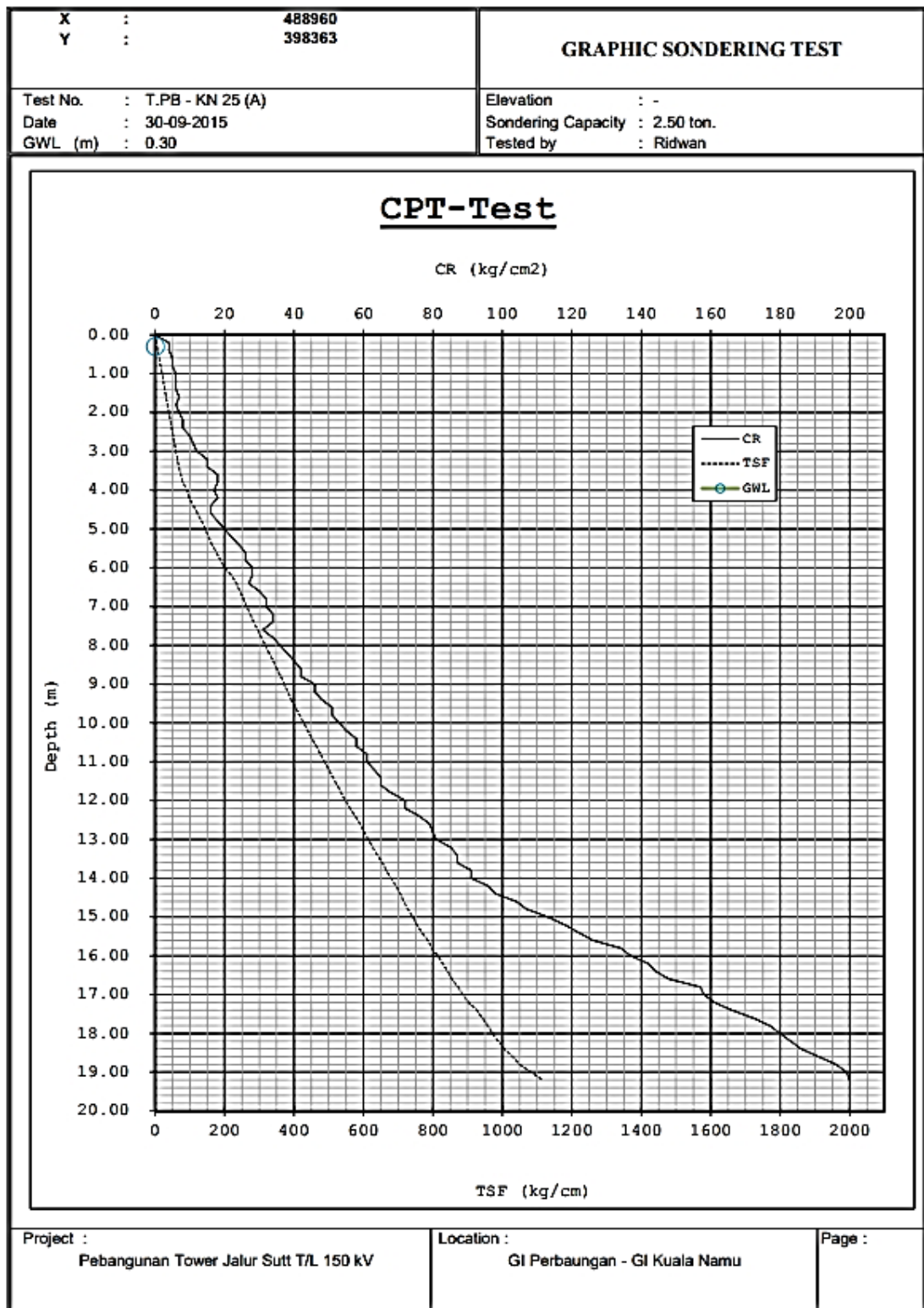
CR (kg/cm ²)	Kepadatan Relatif
0 - 16	sangat lepas
16 - 40	lepas
40 - 120	sedang
120 - 200	padat
> 200	sangat padat

Sondir yang dilaksanakan pada Pekerjaan Jalur Transmisi 150 kV Perbaungan – Kualanamu terdiri dari 2 (dua) titik per menara. Menara yang ditinjau untuk perhitungan pondasi adalah menara TB - KN 24A, TB-KN 25A dan TB-KN 27A. Latar belakang pemilihan menara ini adalah yang memiliki kondisi tanah paling kritis.



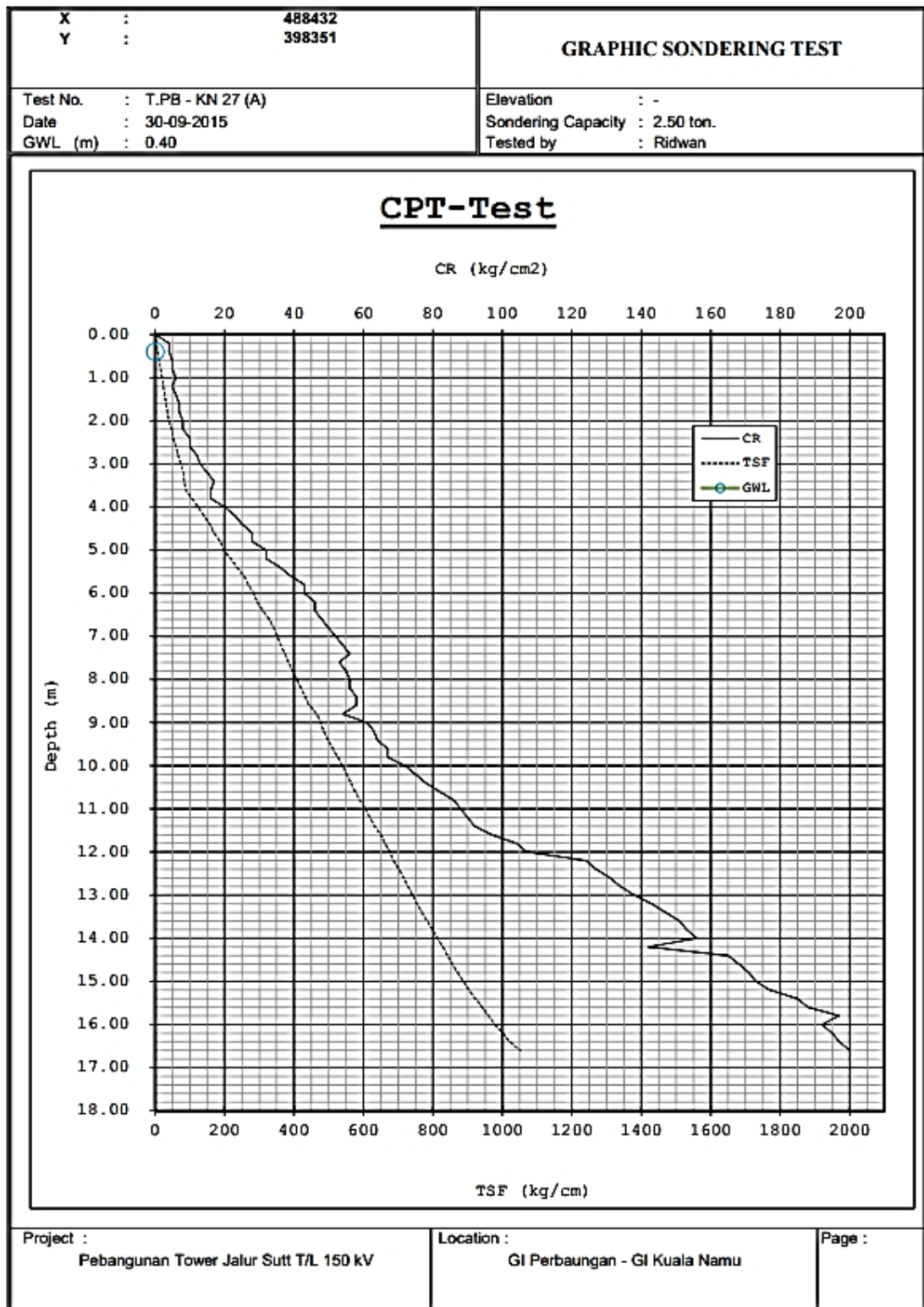
Gambar 3.2 Grafik Sondir Tower 24A

Dari gambar grafik sondir Tower 24A diatas, diketahui bahwa permukaan air tanah atau *ground water level (GWL)* yaitu 0,80m dengan lokasi sondir sesuai dengan koordinat yang tertera pada gambar tersebut.



Gambar 3.3 Grafik Sondir Tower 25A

Dari gambar grafik sondir Tower 25A diatas, diketahui bahwa permukaan air tanah atau *ground water level (GWL)* yaitu 0,30m dengan lokasi sondir sesuai dengan koordinat yang tertera pada gambar tersebut.



Gambar 3.4 Grafik Sondir Tower 27A

Dari gambar grafik sondir Tower 27A diatas, diketahui bahwa permukaan air tanah atau *ground water level (GWL)* yaitu 0,40m dengan lokasi sondir sesuai dengan koordinat yang tertera pada gambar tersebut.

3.2. Pembebanan Tower

Adapun beban yang diperhitungkan bekerja pada struktur menara adalah :

1. Beban Mati
2. Beban Hidup
3. Beban Angin

Untuk perhitungan reaksi pada pondasi, yaitu beban ultimate yang akan dipikul oleh pondasi dihitung dengan menggunakan program Microsoft Tower. Output program ini digunakan dalam evaluasi daya dukung pondasi. Data pembebanan Tower yang diperoleh dari aplikasi MS Tower antara lain sebagai berikut :

1. Pembebanan Tower No. 24A

- Kondisi Tekan

$$F_c = 438,74 \text{ kN} = 44,74 \text{ ton}$$

$$Y_c = 55,83 \text{ kN} = 5,69 \text{ ton}$$

$$X_c = 40,44 \text{ kN} = 4,12 \text{ ton}$$

- Kondisi Tarik

$$F_u = 336,42 \text{ kN} = 34,31 \text{ ton}$$

$$Y_u = 50,75 \text{ kN} = 5,18 \text{ ton}$$

$$X_u = 40,44 \text{ kN} = 4,12 \text{ ton}$$

- Kondisi Geser

$$F_h = 438,74 \text{ kN} = 44,74 \text{ ton}$$

$$Y_h = 55,83 \text{ kN} = 5,69 \text{ ton}$$

$$X_h = 40,44 \text{ kN} = 4,12 \text{ ton}$$

2. Pembebanan Tower No. 25A

- Kondisi Tekan

$$F_c = 572,12 \text{ kN} = 58,34 \text{ ton}$$

$$Y_c = 99,60 \text{ kN} = 10,16 \text{ ton}$$

$$X_c = 77,63 \text{ kN} = 7,92 \text{ ton}$$

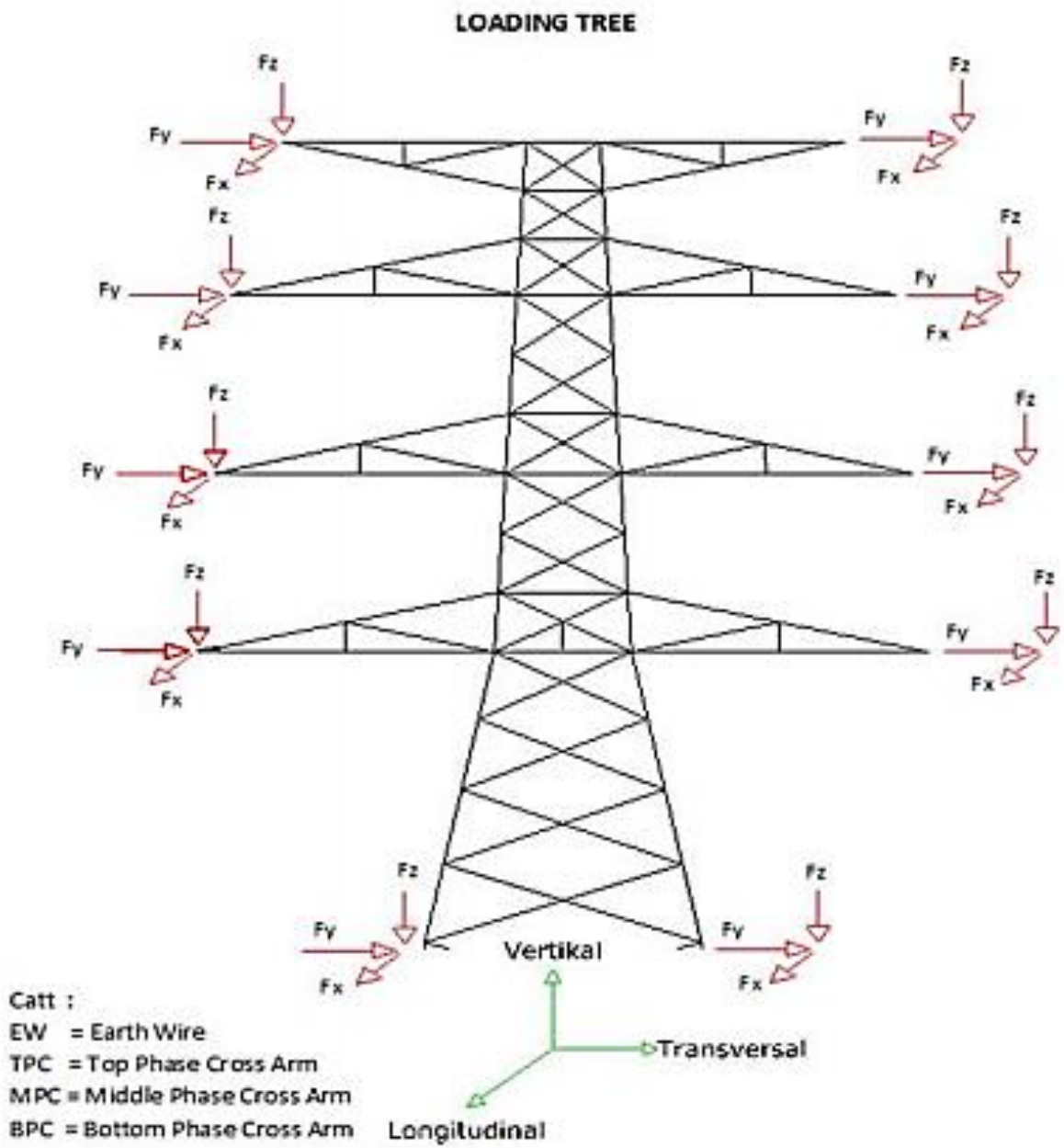
- Kondisi Tarik

$$F_u = 437,55 \text{ kN} = 44,62 \text{ ton}$$

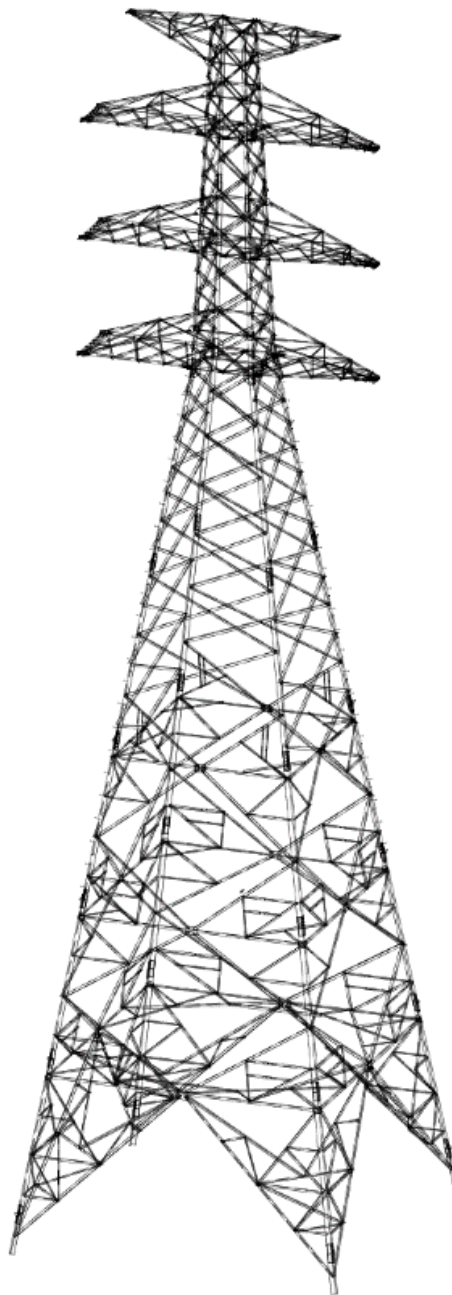
$$\begin{aligned}
 Y_u &= 99,60 \text{ kN} = 10,16 \text{ ton} \\
 X_u &= 77,63 \text{ kN} = 7,92 \text{ ton} \\
 - \text{ Kondisi Geser} \\
 F_h &= 572,21 \text{ kN} = 58,34 \text{ ton} \\
 Y_h &= 99,60 \text{ kN} = 10,16 \text{ ton} \\
 X_h &= 77,63 \text{ kN} = 7,92 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3. Pembebanan Tower No. 27A

$$\begin{aligned}
 - \text{ Kondisi Tekan} \\
 F_c &= 759,65 \text{ kN} = 77,46 \text{ ton} \\
 Y_c &= 142,15 \text{ kN} = 14,50 \text{ ton} \\
 X_c &= 114,72 \text{ kN} = 11,70 \text{ ton} \\
 - \text{ Kondisi Tarik} \\
 F_u &= 600,56 \text{ kN} = 61,24 \text{ ton} \\
 Y_u &= 142,15 \text{ kN} = 14,50 \text{ ton} \\
 X_u &= 114,72 \text{ kN} = 11,70 \text{ ton} \\
 - \text{ Kondisi Geser} \\
 F_h &= 759,65 \text{ kN} = 77,46 \text{ ton} \\
 Y_h &= 142,15 \text{ kN} = 14,50 \text{ ton} \\
 X_h &= 114,72 \text{ kN} = 11,70 \text{ ton}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.5 Loading Tree Tower



Gambar 3.6 Pemodelan Menara Listrik pada Aplikasi Microsoft Tower

3.3. Data Teknis Pondasi Dalam Tiang Bor (*Bored Pile*)

Mengacu pada SPLN T5. 008-2 : 2021, untuk kriteria desain pondasi yang diterapkan dalam standardisasi ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk pondasi dalam (*bor pile*/tiang pancang);
 - a. tahanan ujung tiang : 3 (*Safety Factor*)
 - b. tahanan gesek tiang : 5 (*Safety Factor*)

2. Prediksi penurunan, dibandingkan dengan batas penurunan yang diperbolehkan yaitu nilai terkecil dari penurunan total = $0,1 \times$ diameter tiang atau perbedaan penurunan = $1/150 \times$ jarak antara kaki tower untuk pondasi dalam.
3. Untuk pondasi dalam, perlu juga diperhitungkan defleksi lateral maksimum yang dapat terjadi pada tiang pondasi dengan batasan sebesar $1/300 \times$ panjang tiang.

Data teknis Pondasi Dalam (*Bored Pile*) rencana yaitu sebagai berikut :

a. Data Teknis Pondasi Tower No. 24

1. *Bored Pile*

- Tipe : *Bored Pile*
- Panjang Bored Pile : 13 m
- Panjang Efektif Pile : 12 m
- Jumlah Pile : 2 unit
- Diameter : 600 mm
- Selimut Beton : 10 mm
- Mutu Beton : K175
- Berat Satuan Beton : 2.400 kg/cm^2
- Mutu Baja : Grade U-24 tegangan leleh = 235,35 Mpa
Grade U-39 tegangan leleh = 382,45 Mpa

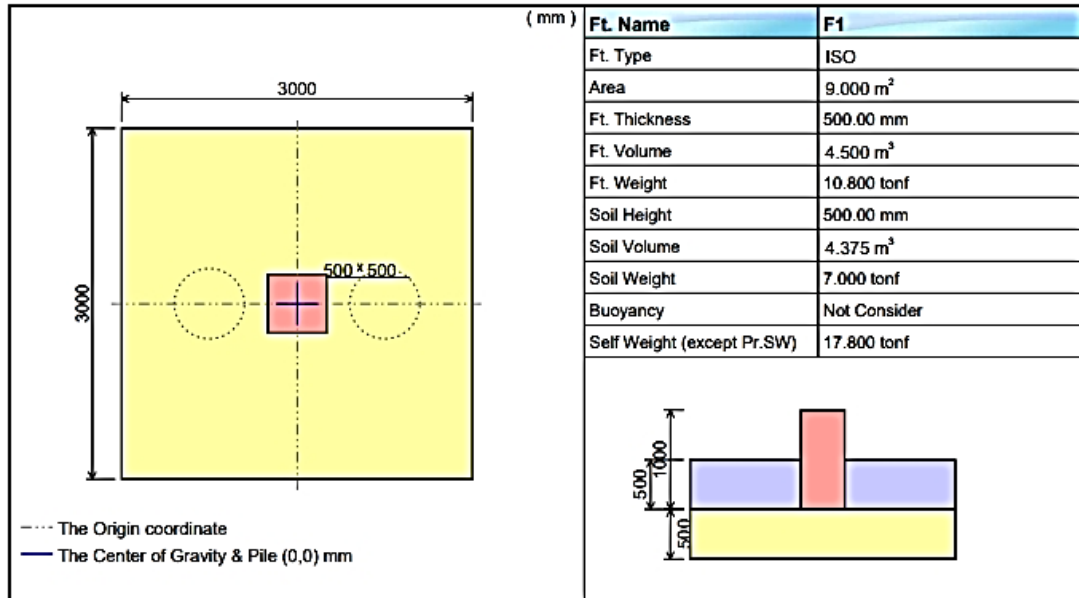
2. Pondasi (*Pad and Chimney*)

- Lebar Pad : 3 m
- Panjang Pad : 3 m
- Tebal Pad : 0,50 m
- Tinggi Pad : 1 m
- Tebal Tanah diatas pad : 0,50 m
- Lebar Chimney : 0,50 m
- Berat Jenis Tanah : 1.600 kg/cm^2

Data teknis pondasi tower No. 24A dapat dilihat dari hasil input data melalui aplikasi AFES 3.0 (**gambar 3.7**), dan untuk data teknis *bored pile* dapat dilihat pada **lampiran gambar 1.5**.

3. FOUNDATION DATA

3.1 FOOTING AND SECTION DATA



► Section Data

Ft.Name	Direction	Ft. Volume	Soil Volume	Pier Wt
F1	All Direct	4.500 m ³	4.375 m ³	0.600 tonf
Sec.Name	Section Area	Ft. Weight	Soil Weight	Total Weight
S1	9.000 m ²	10.800 tonf	7.000 tonf	18.400 tonf

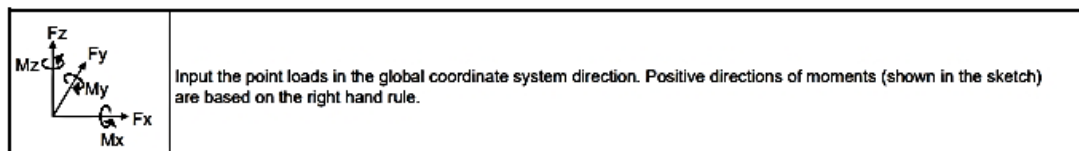
3.2 PIER DATA

Off X , Off Y is offset position from the Center of the footing
If Pier Shape is Circle or Circle wall, Pl is a Diameter. and Pw is a Inner Diameter
Area is pier concrete area
Weight is pier and inner soil weight in case circle wall except Tank1 Type(Circle Ring Footing Shape)

Unit(Length : mm , Weight : tonf , Area : m²)

Ft.Name	Pr.Name	Shape	Pl	Pw	Ph	Area	Weight	Off X	Off Y
F1	1	Rectangle	500.000	500.000	1000.000	0.250	0.600	0.000	0.000

3.3 LOAD CASE



Gambar 3.7 Data Teknis Pondasi TW No.24A

b. Data Teknis Pondasi Tower No. 25

1. *Bored Pile*

- Tipe : *Bored Pile*
- Panjang Bored Pile : 12 m
- Panjang Efektif Pile : 10,95 m
- Jumlah Pile : 4 unit
- Diameter : 600 mm
- Selimut Beton : 10 mm
- Mutu Beton : K175
- Berat Satuan Beton : 2.400 kg/cm²
- Mutu Baja : Grade U-24 tegangan leleh = 235,35 Mpa
Grade U-39 tegangan leleh = 382,45 Mpa

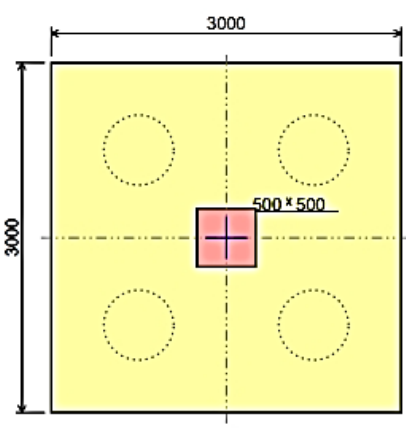
2. Pondasi (*Pad and Chimney*)

- Lebar Pad : 3 m
- Panjang Pad : 3 m
- Tebal Pad : 0,55 m
- Tinggi Pad : 1 m
- Tebal Tanah diatas pad : 0,50 m
- Lebar Chimney : 0,50 m
- Berat Jenis Tanah : 1.600 kg/cm²

Data teknis pondasi tower No. 25A dapat dilihat dari hasil input data melalui aplikasi AFES 3.0 (**gambar 3.8**), dan untuk data teknis *bored pile* dapat dilihat pada **lampiran gambar 1.9**.

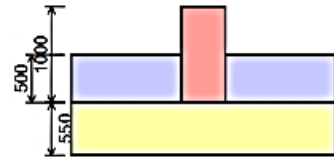
3. FOUNDATION DATA

3.1 FOOTING AND SECTION DATA



--- The Origin coordinate
— The Center of Gravity & Pile (0,0) mm

Ft. Name	F1
Ft. Type	ISO
Area	9.000 m ²
Ft. Thickness	550.00 mm
Ft. Volume	4.950 m ³
Ft. Weight	11.880 tonf
Soil Height	500.00 mm
Soil Volume	4.375 m ³
Soil Weight	7.000 tonf
Buoyancy	Not Consider
Self Weight (except Pr.SW)	18.880 tonf



» Section Data

Ft.Name	Direction	Ft. Volume	Soil Volume	Pier Wt
F1	All Direct	4.950 m ³	4.375 m ³	0.600 tonf
Sec.Name	Section Area	Ft. Weight	Soil Weight	Total Weight
S1	9.000 m ²	11.880 tonf	7.000 tonf	19.480 tonf

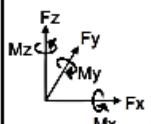
3.2 PIER DATA

Off X , Off Y is offset position from the Center of the footing
 If Pier Shape is Circle or Circle wall, Pl is a Diameter. and Pw is a Inner Diameter
 Area is pier concrete area
 Weight is pier and inner soil weight in case circle wall except Tank1 Type(Circle Ring Footing Shape)

Unit(Length : mm , Weight : tonf , Area : m²)

Ft.Name	Pr.Name	Shape	Pl	Pw	Ph	Area	Weight	Off X	Off Y
F1	1	Rectangle	500.000	500.000	1000.000	0.250	0.600	0.000	0.000

3.3 LOAD CASE



Input the point loads in the global coordinate system direction. Positive directions of moments (shown in the sketch) are based on the right hand rule.

Gambar 3.8 Data Teknis Pondasi TW No.25A

c. Data Teknis Pondasi Tower No. 27

3. Bored Pile

- Tipe : *Bored Pile*
- Panjang Bored Pile : 10,80 m
- Panjang Efektif Pile : 9,70 m
- Jumlah Pile : 8 unit
- Diameter : 600 mm
- Selimut Beton : 10 mm
- Mutu Beton : K175
- Berat Satuan Beton : 2.400 kg/cm²
- Mutu Baja : Grade U-24 tegangan leleh = 235,35 Mpa
Grade U-39 tegangan leleh = 382,45 Mpa

4. Pondasi (*Pad and Chimney*)

- Lebar Pad : 6 m
- Panjang Pad : 6 m
- Tebal Pad : 0,80 m
- Tinggi Pad : 0,80 m
- Tebal Tanah diatas pad : 0,30 m
- Lebar Chimney : 0,60 m
- Berat Jenis Tanah : 1.600 kg/cm²

Data teknis pondasi tower No. 27A dapat dilihat dari hasil input data melalui aplikasi AFES 3.0 (**gambar 3.9**), dan untuk data teknis *bored pile* dapat dilihat pada **lampiran gambar 1.13**.

3. FOUNDATION DATA

3.1 FOOTING AND SECTION DATA

---- The Origin coordinate
 — The Center of Gravity & Pile (0,0) mm

Ft. Name	F1
Ft. Type	ISO
Area	36.000 m ²
Ft. Thickness	800.00 mm
Ft. Volume	28.800 m ³
Ft. Weight	69.120 tonf
Soil Height	300.00 mm
Soil Volume	10.692 m ³
Soil Weight	17.107 tonf
Buoyancy	Not Consider
Self Weight (except Pr.SW)	86.227 tonf

Section Data

Ft.Name	Direction	Ft. Volume	Soil Volume	Pier Wt
F1	All Direct	28.800 m ³	10.692 m ³	0.691 tonf
Sec.Name	Section Area	Ft. Weight	Soil Weight	Total Weight
S1	36.000 m ²	69.120 tonf	17.107 tonf	86.918 tonf

3.2 PIER DATA

Off X , Off Y is offset position from the Center of the footing
 If Pier Shape is Circle or Circle wall, PI is a Diameter. and Pw is a Inner Diameter
 Area is pier concrete area
 Weight is pier and inner soil weight in case circle wall except Tank1 Type(Circle Ring Footing Shape)

Unit(Length : mm , Weight : tonf , Area : m²)

Ft.Name	Pr.Name	Shape	PI	Pw	Ph	Area	Weight	Off X	Off Y
F1	1	Rectangle	600.000	600.000	800.000	0.360	0.691	0.000	0.000

3.3 LOAD CASE

Input the point loads in the global coordinate system direction. Positive directions of moments (shown in the sketch) are based on the right hand rule.

Gambar 3.9 Data Teknis Pondasi TW No.27A

3.4. Data Konstruksi Tower

Data konstruksi tower yang diperoleh dari dari bidang atau divisi perencanaan PT PLN (Persero) UIP SUMBAGUT yaitu :

- Nomor Tower : Tower 24
 - 1. Tipe Tower : AA + 15
 - 2. Tinggi Tower : 51,7 meter
- Nomor Tower : Tower 25
 - 1. Tipe Tower : BB+ 12
 - 2. Tinggi Tower : 46,1 meter
- Nomor Tower : Tower 27
 - 1. Tipe Tower : DRD + 09
 - 2. Tinggi Tower : 39,7 meter

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Daya Izin Dukung Tiang *Bored Pile*

Perhitungan daya dukung tanah pondasi yaitu sebagai berikut :

4.1.1. Daya dukung izin tiang tunggal

Berdasarkan data hasil sondir yang diperoleh dari pelaksanaan pekerjaan sondir dan boring dilapangan, diketahui bahwa untuk menentukan daya dukung tanah (*Soil Bearing Capacity*) diambil dari data q_c (Tahanan Conus) dan t_r (Total Resistant) melalui test sondir dengan persamaan sebagai berikut :

Persamaan daya dukung tekan (*Compress*)

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$Q_a = \frac{q_c A_p}{3} + \frac{T_f A_s}{5}$$

$$A_p = 0,25 \times 3,14 \times D^2$$

$$A_s = 3,14 \times D$$

a. Perhitungan Nilai Q_a tekan (*Compress*) untuk kedalam 13m pada Pondasi Tower No. 24A

$$q_c = 113 \text{ (Kedalaman 13m)}$$

$$A_p = 0,25 \times 3,14 \times 60^2 = 2.827,433 \text{ cm}^2$$

$$T_f = 586,81 \text{ (Kedalaman 13m)}$$

$$A_s = 3,14 \times 60 = 188,496 \text{ cm}$$

$$Q_a = \frac{113 \times 2.827,433}{3} + \frac{586,81 \times 188,496}{5}$$

$$Q_a = 106.499,9763 + 22.122,2675$$

$$Q_a = 128.622,2438 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{128,62 \text{ ton/pile}}$$
 (Notasi R_a pada aplikasi *AFES 3.0*).

b. Perhitungan Nilai Q_a tekan (*Compress*) untuk kedalam 12m pada Pondasi Tower No. 25A

$$q_c = 72 \text{ (Kedalaman 12m)}$$

$$A_p = 0,25 \times 3,14 \times 60^2 = 2.827,433 \text{ cm}^2$$

$$T_f = 493,20 \text{ (Kedalaman 13m)}$$

$$A_s = 3,14 \times 60 = 188,496 \text{ cm}$$

$$Q_a = \frac{72 \times 2.827,433}{3} + \frac{493,20 \times 188,496}{5}$$

$$Q_a = 67.858,4 + 18.593,388$$

$$Q_a = 86.451,788 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{86,45 \text{ ton/pile}}$$
 (Notasi Ra pada aplikasi AFES 3.0).

c. Perhitungan Nilai Q_a tekan (*Compress*) untuk kedalam 10,8m pada Pondasi Tower No. 27A

$$q_c = 86 \text{ (Kedalaman 10,8m)}$$

$$A_p = 0,25 \times 3,14 \times 60^2 = 2.827,433 \text{ cm}^2$$

$$T_f = 531,01 \text{ (Kedalaman 12m)}$$

$$A_s = 3,14 \times 60 = 188,496 \text{ cm}$$

$$Q_a = \frac{86 \times 2.827,433}{3} + \frac{531,01 \times 188,496}{5}$$

$$Q_a = 81.053,09 + 20.018,428$$

$$Q_a = 101.071,518 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{101,07 \text{ ton/pile}}$$
 (Notasi Ra pada aplikasi AFES 3.0).

Dari perhitungan a, b dan c didapat :

Kapasitas izin tekan (*Compress*)

- Tower No. 24A = $Q_a = 128,62 \text{ ton/pile}$
- Tower No. 25A = $Q_a = 86,45 \text{ ton/pile}$
- Tower No. 27A = $Q_a = 101,07 \text{ ton/pile}$

Persamaan daya dukung tarik (*Uplift*)

$$Q_u = Q_s$$

$$Q_a = \frac{T_f A_s}{5}$$

d. Perhitungan Nilai Q_a tarik (*Uplift*) untuk kedalaman 13m pada Pondasi Tower No. 24A

$$Q_a = \frac{586,81 \times 188,496}{5}$$

$$Q_a = 22.122,2675 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{22,12 \text{ ton/pile}}$$
 (Notasi U_a pada aplikasi AFES 3.0).

e. Perhitungan Nilai Q_a tarik (*Uplift*) untuk kedalaman 12m pada Pondasi Tower No. 25A

$$Q_a = \frac{493,20 \times 188,496}{5}$$

$$Q_a = 18.593,388 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{18,59 \text{ ton/pile}}$$
 (Notasi U_a pada aplikasi AFES 3.0).

f. Perhitungan Nilai Q_a tarik (*Uplift*) untuk kedalaman 10,8m pada Pondasi Tower No. 27A

$$Q_a = \frac{531,01 \times 188,496}{5}$$

$$Q_a = 20.018,428 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{20,02 \text{ ton/pile}}$$
 (Notasi U_a pada aplikasi AFES 3.0).

Dari perhitungan d, e dan f didapat :

Kapasitas izin tarik (*Uplift*)

- Tower No. 24A = $Q_a = 22,12 \text{ ton/pile}$
- Tower No. 25A = $Q_a = 18,59 \text{ ton/pile}$
- Tower No. 27A = $Q_a = 20,02 \text{ ton/pile}$

4.1.2. Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labbere pada persamaan sebagai berikut :

$$Eff = 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \theta$$

$$\theta = \tan^{-1}(D/s)$$

a. Kapasitas Tekan (*Compress*) kelompok tiang Pondasi Tower No. 24A

$$\theta = \tan^{-1}(0,6/1,5) = 21,8014^\circ$$

$$Eff = 1 - \left[\frac{(2-1)1 + (1-1)2}{90 \cdot 1 \cdot 2} \right] 21,8014 = 0,8789$$

Q_a (tekan) = Eff x jumlah tiang pile x kapasitas izin tekan tiang tunggal

$$Q_a \text{ (tekan)} = 0,8789 \times 2 \times 128,62 = 226,08 \text{ ton}$$

$$P_c = 79,43 \text{ ton}$$

$$Q_a \text{ (tekan)} > P_c \text{ (OK)}$$

b. Kapasitas Tekan (*Compress*) kelompok tiang Pondasi Tower No. 25A

$$\theta = \tan^{-1}(0,6/1,5) = 21,8014^\circ$$

$$Eff = 1 - \left[\frac{(2-1)^1 + (1-1)^2}{90.1.2} \right] 21,8014 = 0,8789$$

Q_a (tekan) = Eff x jumlah tiang pile x kapasitas izin tekan tiang tunggal

$$Q_a \text{ (tekan)} = 0,8789 \times 4 \times 86,45 = 303,92 \text{ ton}$$

$$P_c = 107,55 \text{ ton}$$

$$Q_a \text{ (tekan)} > P_c \text{ (OK)}$$

c. Kapasitas Tekan (*Compress*) kelompok tiang Pondasi Tower No. 27A

$$\theta = \tan^{-1}(0,6/2,3) = 14,74^\circ$$

$$Eff = 1 - \left[\frac{(2-1)^1 + (1-1)^2}{90.1.2} \right] 14,74 = 0,9272$$

Q_a (tekan) = Eff x jumlah tiang pile x kapasitas izin tekan tiang tunggal

$$Q_a \text{ (tekan)} = 0,9272 \times 8 \times 101,07 = 749,69 \text{ ton}$$

$$P_c = 217,06 \text{ ton}$$

$$Q_a \text{ (tekan)} > P_c \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan a, b dan c didapat :

Efisiensi kelompok tiang kapasitas tekan (*Compress*)

- Tower No. 24A = Q_a (tekan) = 226,08 ton
- Tower No. 25A = Q_a (tekan) = 303,92 ton
- Tower No. 27A = Q_a (tekan) = 749,69 ton

d. Kapasitas Tarik (*Uplift*) kelompok tiang Pondasi Tower No. 24A

Q_a (tarik) = Eff x jumlah tiang pile x kapasitas izin tarik tiang tunggal

$$Q_a \text{ (tarik)} = 0,8789 \times 2 \times 22,12 = 38,88 \text{ ton}$$

$$P_t = -0,38 \text{ ton}$$

$$Q_a \text{ (tarik)} > P_t \text{ (OK)}$$

e. Kapasitas Tarik (*Uplift*) kelompok tiang Pondasi Tower No. 25A

$$Q_a \text{ (tarik)} = Eff \times \text{jumlah tiang pile} \times \text{kapasitas izin tarik tiang tunggal}$$

$$Q_a \text{ (tarik)} = 0,8789 \times 4 \times 18,59 = 65,35 \text{ ton}$$

$$P_t = -4,59 \text{ ton}$$

$$Q_a \text{ (tarik)} > P_t \text{ (OK)}$$

f. Kapasitas Tarik (*Uplift*) kelompok tiang Pondasi Tower No. 27A

$$Q_a \text{ (tarik)} = Eff \times \text{jumlah tiang pile} \times \text{kapasitas izin tarik tiang tunggal}$$

$$Q_a \text{ (tarik)} = 0,9272 \times 8 \times 20,02 = 148,50 \text{ ton}$$

$$P_t = -78,36 \text{ ton}$$

$$Q_a \text{ (tarik)} > P_t \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan d, e dan f didapat :

Efisiensi kelompok tiang kapasitas tarik (*Uplift*)

- Tower No. 24A = Q_a (tarik) = 38,88 ton
- Tower No. 25A = Q_a (tarik) = 65,35 ton
- Tower No. 27A = Q_a (tarik) = 148,50 ton

4.3. Pengecekan tiang *Bored Pile* terhadap gaya tekan (*Compress*)

Gaya yang bekerja pada *Bored Pile*, diambil output gaya maksimal antara Kondisi Normal (*Normal Condition*) dan Kondisi Rusak (*Broken Condition*) sebagai berikut :

$$\text{Gaya Tekan } (P_c) = F_c + W_{pc} + W_{sc} + W_p$$

$$F_c = \text{Gaya Tekan Struktur Atas}$$

$$W_{pc} = \text{Vol. Beton} \times \text{Berat Jenis Beton}$$

$$\text{Vol. Beton} = B \times L \times h_{pc} + (bc^2 \times h_e)$$

$$W_{sc} = \text{Vol. Tanah diatas Pondasi} \times \text{Berat Jenis Tanah}$$

$$\text{Vol. Tanah diatas Pondasi} = ts \times B^2 - ts \times bc^2$$

$$W_p = (\text{Vol. Pile} \times \text{Berat Jenis Beton})n$$

$$\text{Vol. Pile} = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times L'$$

$$n = \text{Jumlah Pile}$$

a. Perhitungan Gaya Tekan (P_c) pada Pondasi Tower No. 24A

$$\text{Vol. Beton} = 3 \times 3 \times 0,50 + (0,50^2 \times 1) = 4,75 \text{ m}^3$$

$$W_{pc} = 4,75 \times 2.400 = 11.400 \text{ kg} = 11,40 \text{ ton}$$

$$\text{Vol Tanah diatas Pondasi} = 0,50 \times 3^2 - 0,50 \times 0,50^2 = 4,3750 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
W_{sc} &= 4,3750 \times 1.600 = 7.000 \text{ kg} = 7,0 \text{ ton} \\
\text{Vol. Pile} &= 0,25 \times 3,14 \times 0,6^2 \times 12 = 3,39 \text{ m}^3/\text{pile} \\
W_p &= (3,39 \times 2.400) = 16,29 \text{ ton} \\
\text{Gaya Tekan } (P_c) &= 44,74 + 11,40 + 7,0 + 16,29 \\
\text{Gaya Tekan } (P_c) &= 79,43 \text{ ton} \\
M_x &= X_c \times h_{pc} \\
M_x &= 4,12 \times 0,5 \\
M_x &= 2,06 \text{ ton-m} \\
M_y &= Y_c \times h_{pc} \\
M_y &= 5,69 \times 0,5 \\
M_y &= 2,845 \text{ ton-m}
\end{aligned}$$

Perhitungan gaya tekan (*Compress*) P_c per tiang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{\max} = \frac{P_c}{N_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \sum Y^2}$$

$$P_1 = \frac{79,43}{2} + \frac{2,845 \times (-0,75)}{1 \times 1,125} + \frac{2,06 \times 0}{1 \times 0} = 37,819 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{79,43}{2} + \frac{2,845 \times (0,75)}{1 \times 1,125} + \frac{2,06 \times 0}{1 \times 0} = 41,85 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas didapat gaya tekan maksimum terjadi pada pile kedua yaitu

$$\begin{aligned}
P_{\max} &= P_2 = 41,85 \text{ ton} \\
Q_a &= 128,62 \text{ ton} \\
P_{\max} &< Q_a \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

b. Perhitungan Gaya Tekan (P_c) pada Pondasi Tower No. 25A

$$\begin{aligned}
\text{Vol. Beton} &= 3 \times 3 \times 0,55 + (0,50^2 \times 1) = 5,2 \text{ m}^3 \\
W_{pc} &= 5,2 \times 2.400 = 12.480 \text{ kg} = 12,48 \text{ ton} \\
\text{Vol Tanah diatas Pondasi} &= 0,50 \times 3^2 - 0,50 \times 0,50^2 = 4,3750 \text{ m}^3 \\
W_{sc} &= 4,3750 \times 1.600 = 7.000 \text{ kg} = 7,0 \text{ ton} \\
\text{Vol. Pile} &= 0,25 \times 3,14 \times 0,6^2 \times 11 = 3,10 \text{ m}^3/\text{pile} \\
W_p &= (3,10 \times 2.400) = 29,73 \text{ ton} \\
\text{Gaya Tekan } (P_c) &= 58,34 + 12,48 + 7,0 + 29,73 \\
\text{Gaya Tekan } (P_c) &= 107,55 \text{ ton} \\
M_x &= X_c \times h_{pc}
\end{aligned}$$

$$M_x = 7,92 \times 0,55 \quad M_x = 4,35 \text{ ton-m}$$

$$M_y = Y_c \times h_{pc}$$

$$M_y = 10,16 \times 0,55 \quad M_y = 5,59 \text{ ton-m}$$

Perhitungan gaya tekan (*Compress*) P_c per tiang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{\max} = \frac{P_c}{N_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \sum Y^2}$$

$$P_1 = \frac{107,55}{4} + \frac{5,59 \times (-0,75)}{2 \times 2,250} + \frac{4,35 \times (-0,75)}{2 \times 2,250} = 25,23 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{107,55}{4} + \frac{5,59 \times (0,75)}{2 \times 2,250} + \frac{4,35 \times (-0,75)}{2 \times 2,250} = 27,09 \text{ ton}$$

$$P_3 = \frac{107,55}{4} + \frac{5,59 \times (0,75)}{2 \times 2,250} + \frac{4,35 \times (0,75)}{2 \times 2,250} = 28,53 \text{ ton}$$

$$P_4 = \frac{107,55}{4} + \frac{5,59 \times (-0,75)}{2 \times 2,250} + \frac{4,35 \times (0,75)}{2 \times 2,250} = 26,67 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas didapat gaya tekan maksimum terjadi pada pile ketiga yaitu

$$P_{\max} = P_3 = 28,53 \text{ ton}$$

$$Q_a = 86,45 \text{ ton}$$

$$P_{\max} < Q_a \text{ (OK)}$$

c. Perhitungan Gaya Tekan (P_c) pada Pondasi Tower No. 27A

$$\text{Vol. Beton} = 6 \times 6 \times 0,80 + (0,60^2 \times 0,80) = 29,08 \text{ m}^3$$

$$W_{pc} = 29,08 \times 2.400 = 69.811 \text{ kg} = 69,81 \text{ ton}$$

$$\text{Vol Tanah diatas Pondasi} = 0,30 \times 6^2 - 0,30 \times 0,60^2 = 10,69 \text{ m}^3$$

$$W_{sc} = 10,69 \times 1.600 = 17.107 \text{ kg} = 17,11 \text{ ton}$$

$$\text{Vol. Pile} = 0,25 \times 3,14 \times 0,6^2 \times 9,7 = 2,74 \text{ m}^3/\text{pile}$$

$$W_p = (2,74 \times 2.400) \times 8 = 52,68 \text{ ton}$$

$$\text{Gaya Tekan } (P_c) = 77,46 + 69,81 + 17,11 + 52,68$$

$$\text{Gaya Tekan } (P_c) = 217,06 \text{ ton}$$

$$M_x = X_c \times h_{pc}$$

$$M_x = 11,70 \times 0,8$$

$$M_x = 9,36 \text{ ton-m}$$

$$M_y = Y_c \times h_{pc}$$

$$M_y = 14,50 \times 0,8$$

$M_y = 11,60 \text{ ton-m}$

Perhitungan gaya tekan (*Compress*) P_c per tiang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{\max} = \frac{P_c}{N_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \sum Y^2}$$

$$P_1 = \frac{217,06}{8} + \frac{11,60 \times (2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (0)}{3 \times 31,740} = 27,41 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{217,06}{8} + \frac{11,60 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (0)}{3 \times 31,740} = 26,85 \text{ ton}$$

$$P_3 = \frac{217,06}{8} + \frac{11,60 \times (2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (2,30)}{3 \times 31,740} = 27,63 \text{ ton}$$

$$P_4 = \frac{217,06}{8} + \frac{11,60 \times (0)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (2,30)}{3 \times 31,740} = 27,35 \text{ ton}$$

$$P_5 = \frac{217,06}{8} + \frac{11,60 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (2,30)}{3 \times 31,740} = 27,07 \text{ ton}$$

$$P_6 = \frac{217,06}{8} + \frac{11,60 \times (2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} = 27,41 \text{ ton}$$

$$P_7 = \frac{217,06}{8} + \frac{11,60 \times (0)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} = 26,91 \text{ ton}$$

$$P_8 = \frac{217,06}{8} + \frac{11,60 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} = 26,63 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas didapat gaya tekan maksimum terjadi pada pile ketiga yaitu

$$P_{\max} = P_3 = 27,63 \text{ ton}$$

$$Q_a = 101,07 \text{ ton}$$

$$P_{\max} < Q_a \text{ (OK)}$$

4.4. Pengecekan tiang Bored Pile terhadap gaya tarik (*Uplift*)

Gaya yang bekerja pada *Bored Pile*, diambil output gaya maksimal antara Kondisi Normal (*Normal Condition*) dan Kondisi Rusak (*Broken Condition*) sebagai berikut :

$$\text{Gaya Tarik } (P_t) = F_u - (W_{pc} + W_{sc} + W_p)$$

F_u = Gaya Tarik Struktur Atas

d. Perhitungan Gaya Tarik (P_t) pada Pondasi Tower No. 24A

$$\text{Gaya Tarik } (P_t) = 34,31 - (11,40 + 7,0 + 16,29)$$

$$\text{Gaya Tarik } (P_t) = -0,38 \text{ ton}$$

$$M_x = X_u \times h_{pc}$$

$$M_x = 4,12 \times 0,5$$

$$M_x = 2,06 \text{ ton-m}$$

$$M_y = Y_u \times h_{pc}$$

$$M_y = 5,18 \times 0,5$$

$$M_y = 2,59 \text{ ton-m}$$

Perhitungan gaya tarik (*Uplift*) P_t per tiang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{\max} = \frac{P_t}{N_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \sum Y^2}$$

$$P_1 = \frac{-0,38}{2} + \frac{2,59 \times (-0,75)}{1 \times 1,125} + \frac{2,06 \times 0}{1 \times 0} = -1,36 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{-0,38}{2} + \frac{2,59 \times (0,75)}{1 \times 1,125} + \frac{2,06 \times 0}{1 \times 0} = 0,98 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas didapat gaya tarik maksimum terjadi pada pile pertama yaitu

$$P_{\max} = P_1 = -1,36 \text{ ton}$$

$$Q_a = 22,12 \text{ ton}$$

$$P_{\max} < Q_a \text{ (OK)}$$

e. Perhitungan Gaya Tarik (P_t) pada Pondasi Tower No. 25A

$$\text{Gaya Tarik } (P_t) = 44,62 - (12,48 + 7,0 + 29,73)$$

$$\text{Gaya Tarik } (P_t) = -4,59 \text{ ton}$$

$$M_x = X_u \times h_{pc}$$

$$M_x = 7,92 \times 0,55$$

$$M_x = 4,35 \text{ ton-m}$$

$$M_y = Y_u \times h_{pc}$$

$$M_y = 10,16 \times 0,55$$

$$M_y = 5,59 \text{ ton-m}$$

Perhitungan gaya tarik (*Uplift*) P_t per tiang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{\max} = \frac{P_t}{N_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \sum Y^2}$$

$$P_1 = \frac{-4,59}{4} + \frac{5,59 \times (-0,75)}{2 \times 2,250} + \frac{4,35 \times (-0,75)}{2 \times 2,250} = -2,8 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{-4,59}{4} + \frac{5,59 \times (0,75)}{2 \times 2,250} + \frac{4,35 \times (-0,75)}{2 \times 2,250} = -0,94 \text{ ton}$$

$$P_3 = \frac{-4,59}{4} + \frac{5,59 \times (0,75)}{2 \times 2,250} + \frac{4,35 \times (0,75)}{2 \times 2,250} = 0,5 \text{ ton}$$

$$P_4 = \frac{-4,59}{4} + \frac{5,59 \times (-0,75)}{2 \times 2,250} + \frac{4,35 \times (0,75)}{2 \times 2,250} = -1,36 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas didapat gaya tarik maksimum terjadi pada pile pertama yaitu

$$P_{\max} = P_1 = -2,8 \text{ ton}$$

$$Q_a = 18,59 \text{ ton}$$

$$P_{\max} < Q_a \text{ (OK)}$$

f. Perhitungan Gaya Tarik (P_t) pada Pondasi Tower No. 27A

$$\text{Gaya Tarik } (P_t) = 77,46 - (69,81 + 17,11 + 52,68)$$

$$\text{Gaya Tarik } (P_t) = -78,36 \text{ ton}$$

$$M_x = X_c \times h_{pc}$$

$$M_x = 11,70 \times 0,8$$

$$M_x = 9,36 \text{ ton-m}$$

$$M_y = Y_c \times h_{pc}$$

$$M_y = 14,50 \times 0,8$$

$$M_y = 11,60 \text{ ton-m}$$

Perhitungan gaya tarik (*Uplift*) P_t per tiang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{\max} = \frac{P_t}{N_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \sum Y^2}$$

$$P_1 = \frac{-78,36}{8} + \frac{11,60 \times (2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (0)}{3 \times 31,740} = -9,51 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{-78,36}{8} + \frac{11,60 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (0)}{3 \times 31,740} = -10,07 \text{ ton}$$

$$P_3 = \frac{-78,36}{8} + \frac{11,60 \times (2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (2,30)}{3 \times 31,740} = -9,29 \text{ ton}$$

$$P_4 = \frac{-78,36}{8} + \frac{11,60 \times (0)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (2,30)}{3 \times 31,740} = -9,57 \text{ ton}$$

$$P_5 = \frac{-78,36}{8} + \frac{11,60 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (2,30)}{3 \times 31,740} = -9,85 \text{ ton}$$

$$P_6 = \frac{-78,36}{8} + \frac{11,60 \times (2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} = -9,73 \text{ ton}$$

$$P_7 = \frac{-78,36}{8} + \frac{11,60 \times (0)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} = -10,01 \text{ ton}$$

$$P_8 = \frac{-78,36}{8} + \frac{11,60 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} + \frac{9,36 \times (-2,30)}{3 \times 31,740} = -10,29 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas didapat gaya tarik maksimum terjadi pada pile ke delapan yaitu

$$P_{\max} = P_8 = -10,29 \text{ ton}$$

$$Q_a = 20,02 \text{ ton}$$

$$P_{\max} < Q_a \text{ (OK)}$$

4.5. Keruntuhan Kelompok Tiang (*Block Failure*)

Pengecekan keruntuhan kelompok tiang dengan menggunakan persamaan Terzaghi and Peck (1948) yaitu sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{2 L_p (B + L) c_u + 1,3 c_b S' N_c B L}{SF}$$

$$c_u = \left(\frac{q_c \text{Average}}{15} \right) 98,0665$$

$$c_b = c_u$$

a. Keruntuhan Kelompok Tiang (*Block Failure*) untuk Pondasi Tower No. 24A Kedalaman 13m

$$c_u = \left(\frac{16,81}{15} \right) 98,0665 = 109,90$$

$$c_b = 109,90$$

$$Q_a = \frac{2 \times 13(3 + 3)109,90 + 1,3 \times 109,90 \times 1,15 \times 9,35 \times 3 \times 3}{3}$$

$$Q_a = 1.052,66 \text{ ton}$$

$$P_c = 79,43 \text{ ton}$$

$$Q_a > P_c \text{ (OK)}$$

b. Keruntuhan Kelompok Tiang (*Block Failure*) untuk Pondasi Tower No. 25A Kedalaman 12m

$$c_u = \left(\frac{12,28}{15} \right) 98,0665 = 80,32$$

$$c_b = 80,32$$

$$Q_a = \frac{2 \times 12(3 + 3)80,32 + 1,3 \times 80,32 \times 1,15 \times 9,35 \times 3 \times 3}{3}$$

$$Q_a = 736,608 \text{ ton}$$

$$P_c = 107,55 \text{ ton}$$

$$Q_a > P_c \text{ (OK)}$$

c. Keruntuhan Kelompok Tiang (*Block Failure*) untuk Pondasi Tower No. 27A Kedalaman 10,8m

$$c_u = \left(\frac{14,85}{15}\right) 98,0665 = 97,13$$

$$c_b = 97,13$$

$$Q_a = \frac{2 \times 10,8(6 + 6)97,13 + 1,3 \times 97,13 \times 1,15 \times 9,35 \times 6 \times 6}{3}$$

$$Q_a = 2.517,18 \text{ ton}$$

$$P_c = 217,06 \text{ ton}$$

$$Q_a > P_c \text{ (OK)}$$

4.6. Daya Dukung Lateral (*Horizontal*)

Pengecekan daya dukung *horizontal* pile terhadap beban lateral berdasarkan Teori Broms (1964) yaitu sebagai berikut :

$$H_u = 9c_u D_o f$$

$$M_u = 0,5H_u(1,5 D_o + 0,5 f)$$

$$M_u = (2,25c_u D_o) f^2 + (6,75c_u D_o^2) f$$

$$f = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = 2,25 \times c_u \times D_o$$

$$b = 6,75 \times c_u \times D_o^2$$

$$M_u = X_h(h_e + h_b)$$

$$c = -M_u$$

b. Daya dukung lateral (*Horizontal*) untuk Pondasi Tower No. 24A

$$Hu = 9c_u D_o f$$

$$a = 2,25 \times 109,90 \times 0,60 = 148,36$$

$$b = 6,75 \times 109,90 \times 0,60^2 = 267,05$$

$$Mu = 4,12(1 + 0,05) = 4,33$$

$$f = \frac{-267,05 + \sqrt{267,05^2 - 4 \times 148,36 \times (-4,33)}}{2 \times 148,36} = 0,02$$

$$Hu = 9 \times 109,90 \times 0,6 \times 0,02$$

$$Hu = 9,54 \text{ ton}$$

Safety Factor (SF) untuk kapasitas lateral tanah = 1,5

Kapasitas lateral tanah izin (Ha) :

$$Ha = 1/SF \times Hu = 1/1,5 \times 9,54 = 6,36 \text{ ton}$$

Gaya Tekan (Hr_c) = $(\sqrt{Xc^2 + Yc^2}) \times \text{jumlah pile} = 3,51 \text{ ton/pile} < Ha = 6,36 \text{ ton (OK)}$

Gaya Tarik (Hr_{up}) = $(\sqrt{Xu^2 + Yu^2}) \times \text{jumlah pile} = 3,51 \text{ ton/pile} < Ha = 6,36 \text{ ton (OK)}$

c. Daya dukung lateral (*Horizontal*) untuk Pondasi Tower No. 25A

$$Hu = 9c_u D_o f$$

$$a = 2,25 \times 80,32 \times 0,60 = 108,43$$

$$b = 6,75 \times 80,32 \times 0,60^2 = 195,18$$

$$Mu = 7,92(1 + 0,05) = 8,31$$

$$f = \frac{-195,18 + \sqrt{195,18^2 - 4 \times 108,43 \times (-8,31)}}{2 \times 108,43} = 0,04$$

$$Hu = 9 \times 80,32 \times 0,6 \times 0,04$$

$$Hu = 18,05 \text{ ton}$$

Safety Factor (SF) untuk kapasitas lateral tanah = 1,5

Kapasitas lateral tanah izin (Ha) :

$$Ha = 1/SF \times Hu = 1/1,5 \times 18,05 = 12,04 \text{ ton}$$

Gaya Tekan (Hr_c) = $\left(\sqrt{Xc^2 + Yc^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 3,22 \text{ ton/pile} < Ha = 12,04 \text{ ton (OK)}$

Gaya Tekan (Hr_{up}) = $\left(\sqrt{Xu^2 + Yu^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 3,22 \text{ ton/pile} < Ha = 12,04 \text{ ton (OK)}$

d. Daya dukung lateral (*Horizontal*) untuk Pondasi Tower No. 27A

$$Hu = 9c_u D_o f$$

$$a = 2,25 \times 97,13 \times 0,60 = 131,13$$

$$b = 6,75 \times 97,13 \times 0,60^2 = 236,03$$

$$Mu = 11,70(0,80 + 0,05) = 9,94$$

$$f = \frac{-236,03 + \sqrt{236,03^2 - 4 \times 131,13 \times (-49,94)}}{2 \times 131,13} = 0,04$$

$$Hu = 9 \times 97,13 \times 0,6 \times 0,04$$

$$Hu = 21,60 \text{ ton}$$

Safety Factor (SF) untuk kapasitas lateral tanah = 1,5

Kapasitas lateral tanah izin (Ha) :

$$Ha = 1/SF \times Hu = 1/1,5 \times 21,60 = 14,40 \text{ ton}$$

Gaya Tekan (Hr_c) = $\left(\sqrt{Xc^2 + Yc^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 2,33 \text{ ton/pile} < Ha = 14,40 \text{ ton (OK)}$

Gaya Tekan (Hr_{up}) = $\left(\sqrt{Xu^2 + Yu^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 2,33 \text{ ton/pile} < Ha = 14,40 \text{ ton (OK)}$

4.7. Perhitungan Penurunan Pondasi (*Sattlement*)

Penurunan tiang total (S) pada kelompok tiang merupakan jumlah penurunan elastis atau *immediate settlement* (Si) dan penurunan konsolidasi (Sc).

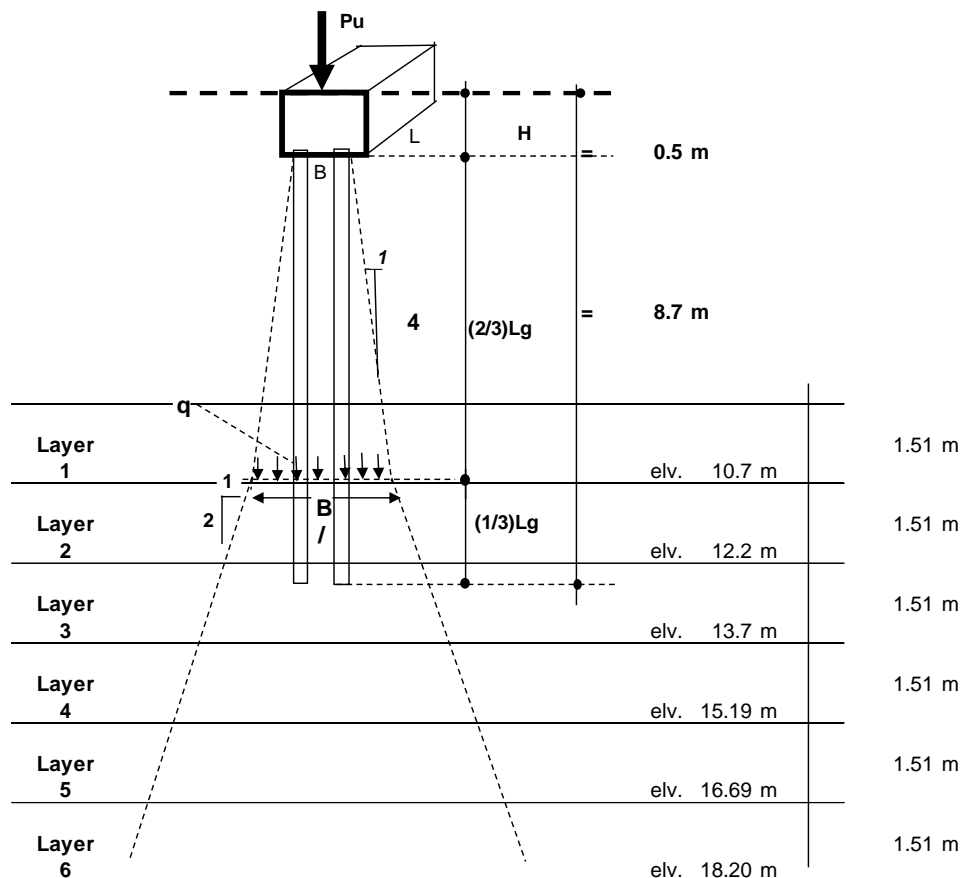
a. Penurunan Elastis (Si)

Perhitungan penurunan elastis menggunakan persamaan yaitu sebagai berikut :

- Penurunan Elastis pada Pondasi Tower No. 24A

Tabel 4.1 Properties Lapisan Tanah Pondasi TW. 24A

Layer	qc	γ	mv	Eu	μ
m	kg/cm ²	t/m ³	m ² /MN	MN/m ²	
		Berat J. Tanah	$1/(2,5 \times qc \times 0,01)$	$1 / mv$	
9.2	68	1.6	0.060	16.671	0.5
10.7	79	1.6	0.052	19.368	0.5
12.2	101	1.6	0.040	24.762	0.5
13.7	122	1.6	0.033	29.910	0.5
15.2	152	1.6	0.027	37.265	0.5
16.7	177	1.6	0.023	43.394	0.5
18.2	200	1.6	0.020	49.033	0.5



Gambar 4.1 Layer Penurunan Tanah TW. 24A

$$S_i = \mu_i \mu_o \frac{q_B}{E_u}$$

$$q = \frac{P_u}{B \times L}$$

$$B = \text{Lebar pad} + \left(\frac{1}{4} \times Df \times 2\right)$$

$$L = \text{Panjang pad} + \left(\frac{1}{4} \times Df \times 2\right)$$

$$q = \frac{P_u}{B \times L} = \frac{778,94}{7,333 \times 7,333} = 14,49 \text{ kN/m}^2$$

$$S_i = \mu_i \mu_o \frac{q_B}{E_u} = 0,04 \times 0,72 \times \frac{14,49 \times 7,333}{19,370} = 0,148 \text{ mm}$$

Perhitungan penurunan elastis untuk setiap layer dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Penurunan Elastis Si Tower 24

Immediate Settlement

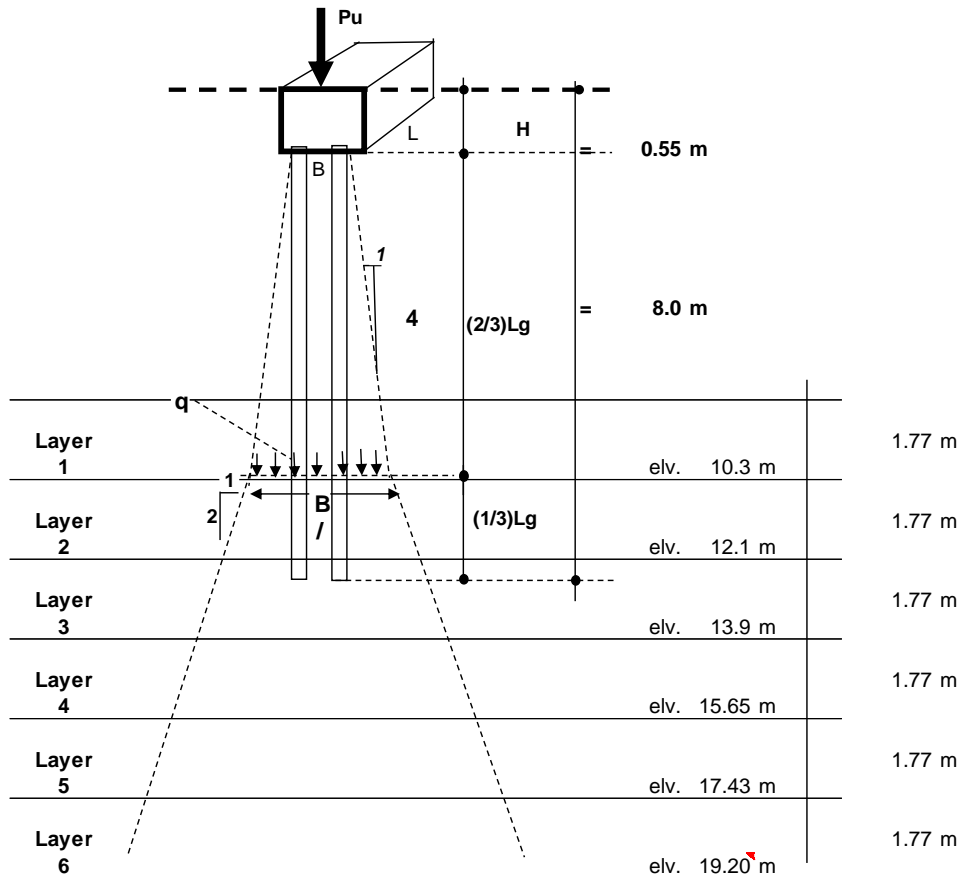
Layer	B (m)	L (m)	q (kN/m ²)	H (m)	Df (m)	H/B	Df/B	μ _i	μ _o	E _u (MN/m ²)	Si (mm)
1	7.333	7.333	14.485	1.51	8.7	0.21	1.18	0.04	0.72	19.37	0.148
2	8.839	8.839	9.970	1.51	10.2	0.17	1.15	0.03	0.72	24.76	0.073
3	10.344	10.344	7.279	1.51	11.7	0.15	1.13	0.02	0.73	29.91	0.044
4	11.850	11.850	5.547	1.51	13.2	0.13	1.11	0.02	0.73	37.27	0.027
5	13.356	13.356	4.367	1.51	14.7	0.11	1.10	0.02	0.73	43.39	0.018
6	14.861	14.861	3.527	1.51	16.2	0.10	1.09	0.02	0.73	49.03	0.013
Total Immediate Settlement											0.3243

Sehingga didapat total penurunan elastis untuk setiap layer sebesar **0,3243 mm**.

- **Penurunan Elastis pada Pondasi Tower No. 25A**

Tabel 4.3 Properties Lapisan Tanah Pondasi TW. 25A

Layer m	qc kg/cm ²	γ t/m ³	mv m ² /MN	Eu MN/m ²	μ
		<i>Berat J. Tanah</i>	<i>1/(2,5 x qc x 0,01)</i>	<i>1 / mv</i>	
8.6	42	1.6	0.097	10.297	0.5
10.3	58	1.6	0.070	14.220	0.5
12.1	72	1.6	0.057	17.652	0.5
13.9	91	1.6	0.045	22.310	0.5
15.7	126	1.6	0.032	30.891	0.5
17.4	166	1.6	0.025	40.698	0.5
19.2	200	1.6	0.020	49.033	0.5



Gambar 4.2 Layer Penurunan Tanah TW. 25A

$$S_i = \mu_i \mu_o \frac{q_B}{E_u}$$

$$q = \frac{P_u}{B \times L}$$

$$B = \text{Lebar pad} + \left(\frac{1}{4} \times Df \times 2\right)$$

$$L = \text{Panjang pad} + \left(\frac{1}{4} \times Df \times 2\right)$$

$$q = \frac{P_u}{B \times L} = \frac{1054,71}{7,000 \times 7,000} = 21,52 \text{ kN/m}^2$$

$$S_i = \mu_i \mu_o \frac{q_B}{E_u} = 0,07 \times 0,72 \times \frac{21,52 \times 7,000}{14,220} = 0,576 \text{ mm}$$

Perhitungan penurunan elastis untuk setiap layer dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.4 Penurunan Elastis Si Tower 25

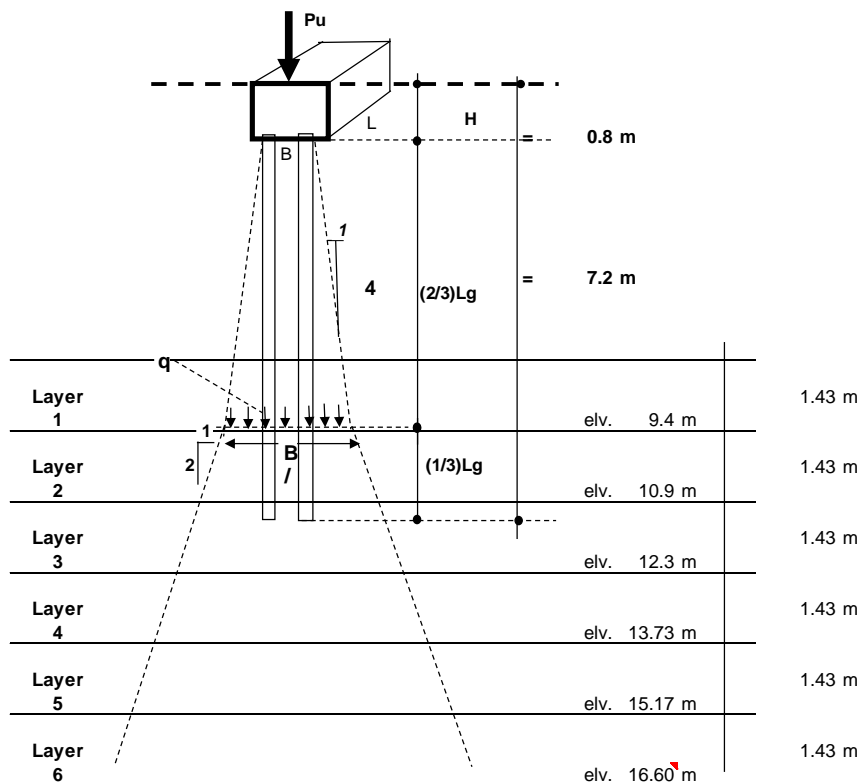
Immediate Settlement												
Layer	B (m)	L (m)	q (kN/m ²)	H (m)	Df (m)	H/B	Df/B	μ_1	μ_0	E_u (MN/m ²)	Si (mm)	
1	7.000	7.000	21.525	1.77	8.0	0.25	1.14	0.07	0.72	14.22	0.576	
2	8.775	8.775	13.698	1.77	9.8	0.20	1.11	0.04	0.73	17.65	0.174	
3	10.550	10.550	9.476	1.77	11.6	0.17	1.09	0.03	0.73	22.31	0.092	
4	12.325	12.325	6.943	1.77	13.3	0.14	1.08	0.02	0.73	30.89	0.049	
5	14.100	14.100	5.305	1.77	15.1	0.13	1.07	0.02	0.73	40.70	0.028	
6	15.875	15.875	4.185	1.77	16.9	0.11	1.06	0.02	0.73	49.03	0.019	
Total Immediate Settlement											0.9371	

Sehingga didapat total penurunan elastis untuk setiap layer sebesar **0,9371 mm**.

- **Penurunan Elastis pada Pondasi Tower No. 27A**

Tabel 4.5 Properties Lapisan Tanah Pondasi TW. 27A

Layer	qc	γ	mv	Eu	μ
m	kg/cm ²	t/m ³	m ² /MN	MN/m ²	
		<i>Berat J. Tanah</i>	<i>1/(2,5 x qc x 0,01)</i>	<i>1 / mv</i>	
8.0	56	1.6	0.073	13.729	0.5
9.4	64	1.6	0.064	15.691	0.5
10.9	86	1.6	0.047	21.084	0.5
12.3	124	1.6	0.033	30.401	0.5
13.7	153	1.6	0.027	37.510	0.5
15.2	177	1.6	0.023	43.394	0.5
16.6	200	1.6	0.020	49.033	0.5



Gambar 4.3 Layer Penurunan Tanah TW. 27A

$$S_i = \mu_i \mu_o \frac{q_B}{E_u}$$

$$q = \frac{P_u}{B \times L}$$

$$B = \text{Lebar pad} + \left(\frac{1}{4} \times Df \times 2\right)$$

$$L = \text{Panjang pad} + \left(\frac{1}{4} \times Df \times 2\right)$$

$$q = \frac{P_u}{B \times L} = \frac{2.128,63}{9,600 \times 9,600} = 23,09 \text{ kN/m}^2$$

$$S_i = \mu_i \mu_o \frac{q_B}{E_u} = 0,02 \times 0,80 \times \frac{23,09 \times 9,600}{15,690} = 0,280 \text{ mm}$$

Perhitungan penurunan elastis untuk setiap layer dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Penurunan Elastis Si Tower 27

Immediate Settlement

Layer	B (m)	L (m)	q (kN/m ²)	H (m)	Df (m)	H/B	Df/B	μ _i	μ _o	E _u (MN/m ²)	Si (mm)
1	9.600	9.600	23.097	1.43	7.2	0.15	0.75	0.02	0.80	15.69	0.280
2	11.033	11.033	17.486	1.43	8.6	0.13	0.78	0.02	0.79	21.08	0.156
3	12.467	12.467	13.696	1.43	10.1	0.11	0.81	0.02	0.78	30.40	0.084
4	13.900	13.900	11.017	1.43	11.5	0.10	0.83	0.02	0.78	37.51	0.055
5	15.333	15.333	9.054	1.43	12.9	0.09	0.84	0.02	0.77	43.39	0.039
6	16.767	16.767	7.572	1.43	14.4	0.09	0.86	0.01	0.77	49.03	0.028
Total Immediate Settlement											0.6415

Sehingga didapat total penurunan elastis untuk setiap layer sebesar **0,6415 mm**.

b. Penurunan Konsolidasi (Sc)

Perhitungan penurunan konsolidasi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S_c = \mu_g \times \mu_d \times \sum (m_v \times \sigma_z \times H)$$

- **Penurunan Konsolidasi pada Pondasi Tower No. 24A**

$$(m_v \times \sigma_z \times H)_{layer 1} = 0,0516 \times 2,16 \times 1,51 = 0,1682 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai $(m_v \times \sigma_z \times H)$ untuk setiap layer dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Penurunan Konsolidasi Sc Tower 24

Settlement Oedometer

Layer	H (m)	z (m)	B (m)	z/B	σ _z /q	q (kN/m ²)	σ _z (kN/m ²)	m _v (m ² /MN)	m _v × σ _z × H (mm)
1	1.51	0.75278	7.33	0.102652	0.149	14.4847	2.16	0.0516	0.1682
2	1.51	2.26	8.84	0.2555	0.056	14.4847	0.82	0.0404	0.0496
3	1.51	3.76	10.34	0.363856	0.036	14.4847	0.52	0.0334	0.0259
4	1.51	5.27	11.85	0.444679	0.026	14.4847	0.38	0.0268	0.0154
5	1.51	6.77	13.36	0.50728	0.020	14.4847	0.29	0.0230	0.0099
6	1.51	8.28	14.86	0.557196	0.017	14.4847	0.25	0.0204	0.0078
Total									0.2768

$$\mu_g = 0,755$$

$$\mu_d = 0,7$$

$$S_c = \mu_g \times \mu_d \times \Sigma(m_v \times \sigma_z \times H) = 0,755 \times 0,7 \times 0,2768 = 0,1463 \text{ mm}$$

Untuk penurunan Total (S) sebagai berikut :

$$S = S_i + S_c$$

$$S = 0,3243 \text{ mm} + 0,1463 \text{ mm}$$

$$S = \mathbf{0,4706 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}}$$

- **Penurunan Konsolidasi pada Pondasi Tower No. 25A**

$$(m_v \times \sigma_z \times H)_{\text{layer 1}} = 0,0703 \times 2,81 \times 1,77 = 0,3514 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai $(m_v \times \sigma_z \times H)$ untuk setiap layer dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Penurunan Konsolidasi S_c Tower 25

Settlement Oedometer

Layer	H (m)	z (m)	B (m)	z/B	σ_z/q	q (kN/m ²)	σ_z (kN/m ²)	m_v (m ² /MN)	$m_v \times \sigma_z \times H$ (mm)
1	1.77	0.8875	7.00	0.1268	0.131	21.5253	2.81	0.0703	0.3514
2	1.77	2.66	8.77	0.3034	0.045	21.5253	0.97	0.0567	0.0976
3	1.77	4.44	10.55	0.4206	0.029	21.5253	0.63	0.0448	0.0498
4	1.77	6.21	12.33	0.5041	0.020	21.5253	0.43	0.0324	0.0245
5	1.77	7.99	14.10	0.5665	0.017	21.5253	0.37	0.0246	0.0160
6	1.77	9.76	15.88	0.615	0.015	21.5253	0.32	0.0204	0.0116
Total									0.5508

$$\mu_g = 0,755$$

$$\mu_d = 0,7$$

$$S_c = \mu_g \times \mu_d \times \Sigma(m_v \times \sigma_z \times H) = 0,755 \times 0,7 \times 0,5508 = 0,2911 \text{ mm}$$

Untuk penurunan Total (S) sebagai berikut :

$$S = S_i + S_c$$

$$S = 0,9371 \text{ mm} + 0,2911 \text{ mm}$$

$$S = \mathbf{1,2282 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}}$$

- **Penurunan Konsolidasi pada Pondasi Tower No. 27A**

$$(m_v \times \sigma_z \times H)_{\text{layer 1}} = 0,0637 \times 4,20 \times 1,43 = 0,3380 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai $(m_v \times \sigma_z \times H)$ untuk setiap layer dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Penurunan Konsolidasi Sc Tower 27

Settlement Oedometer

Layer	H (m)	z (m)	B (m)	z/B	σ_z/q	q (kN/m ²)	σ_z (kN/m ²)	m_v (m ² /MN)	$m_v \times \sigma_z \times H$ (mm)
1	1.43	0.71667	9.60	0.0746528	0.182	23.097	4.20	0.0637	0.3839
2	1.43	2.15	11.03	0.194864	0.085	23.097	1.95	0.0474	0.1329
3	1.43	3.58	12.47	0.2874332	0.049	23.097	1.13	0.0329	0.0532
4	1.43	5.02	13.90	0.3609113	0.036	23.097	0.83	0.0267	0.0317
5	1.43	6.45	15.33	0.4206522	0.029	23.097	0.67	0.0230	0.0222
6	1.43	7.88	16.77	0.4701789	0.023	23.097	0.54	0.0204	0.0158
Total									0.6396

$$\mu_g = 0,755$$

$$\mu_d = 0,7$$

$$S_c = \mu_g \times \mu_d \times \Sigma(m_v \times \sigma_z \times H) = 0,755 \times 0,7 \times 0,6396 = 0,3380 \text{ mm}$$

$$S = S_i + S_c$$

$$S_c = \mu_g \times \mu_d \times \Sigma(m_v \times \sigma_z \times H)$$

$$\mu_g = 0,755$$

$$\mu_d = 0,7$$

$$S = 0,6415 \text{ mm} + 0,3380 \text{ mm}$$

$$S = \mathbf{0,9795 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dalam pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan didapat Daya Dukung Izin Tiang Tunggal ditinjau pada kedalaman setiap masing – masing *bored pile* yaitu sebagai berikut :
 - a. Daya Dukung Izin Tiang Tunggal Tekan (*Compress*)
 - Tower No. 24A = $Q_a = 128,62 \text{ ton/pile}$ (Kedalaman 13m)
 - Tower No. 25A = $Q_a = 86,45 \text{ ton/pile}$ (Kedalaman 12m)
 - Tower No. 27A = $Q_a = 101,07 \text{ ton/pile}$ (Kedalaman 10,8m)
 - b. Daya Dukung Izin Tiang Tunggal Tarik (*Uplift*)
 - Tower No. 24A = $Q_a = 22,12 \text{ ton/pile}$ (Kedalaman 13m)
 - Tower No. 25A = $Q_a = 18,59 \text{ ton/pile}$ (Kedalaman 12m)
 - Tower No. 27A = $Q_a = 20,02 \text{ ton/pile}$ (Kedalaman 10,8m)
2. Dari hasil perhitungan didapat Efisiensi Kelompok Tiang pada setiap pondasi yang ditinjau yang dibandingkan dengan berat beban pondasi itu sendiri antara lain sebagai berikut :
 - a. Efisiensi Kelompok Tiang Tekan (*Compress*)
 - Tower No. 24A = $Q_a = 226,08 \text{ ton} > P_c = 79,43 \text{ ton} = (\mathbf{OK})$
 - Tower No. 25A = $Q_a = 303,92 \text{ ton} > P_c = 107,55 \text{ ton} = (\mathbf{OK})$
 - Tower No. 27A = $Q_a = 749,69 \text{ ton} > P_c = 217,06 \text{ ton} = (\mathbf{OK})$
 - b. Efisiensi Kelompok Tiang Tarik (*Uplift*)
 - Tower No. 24A = $Q_a = 38,88 \text{ ton} > P_t = -0,38 \text{ ton} = (\mathbf{OK})$
 - Tower No. 25A = $Q_a = 65,35 \text{ ton} > P_t = -4,59 \text{ ton} = (\mathbf{OK})$
 - Tower No. 27A = $Q_a = 148,50 \text{ ton} > P_t = -78,36 \text{ ton} = (\mathbf{OK})$
3. Dari hasil perhitungan didapat gaya terbesar yang terjadi pada tiang tunggal yang dibandingkan dengan daya dukung izin tiang tunggal sebagai berikut :
 - a. Gaya Tekan (*Compress*)
 - Tower No. 24A = $P_{\max} = P_2 = 41,85 \text{ ton} < Q_a = 128,62 \text{ ton/pile} = (\mathbf{OK})$
 - Tower No. 25A = $P_{\max} = P_3 = 28,53 \text{ ton} < Q_a = 86,45 \text{ ton/pile} = (\mathbf{OK})$
 - Tower No. 27A = $P_{\max} = P_3 = 27,63 \text{ ton} < Q_a = 101,07 \text{ ton/pile} = (\mathbf{OK})$

- b. Gaya Tarik (*Uplift*)
- Tower No. 24A = $P_{\max} = P_1 = -1,36 \text{ ton} < Q_a = 22,12 \text{ ton/pile} = \text{(OK)}$
 - Tower No. 25A = $P_{\max} = P_1 = -2,8 \text{ ton} < Q_a = 18,59 \text{ ton/pile} = \text{(OK)}$
 - Tower No. 27A = $P_{\max} = P_8 = -10,29 \text{ ton} < Q_a = 20,02 \text{ ton/pile} = \text{(OK)}$
4. Dari hasil perhitungan didapat total keruntuhan kelompok tiang (*Block Failure*) yang ditolerir pada beberapa pondasi yang ditinjau terhadap berat beban pondasi itu sendiri sebagai berikut :
- a. *Block Failure* Tower No. 24A = $Q_a = 1.052,66 \text{ ton} > P_c = 79,43 \text{ ton} = \text{(OK)}$
 - b. *Block Failure* Tower No. 25A = $Q_a = 736,608 \text{ ton} > P_c = 107,55 \text{ ton} = \text{(OK)}$
 - c. *Block Failure* Tower No. 27A = $Q_a = 2.517,18 \text{ ton} > P_c = 217,06 \text{ ton} = \text{(OK)}$
5. Dari perhitungan didapat daya dukung lateral (*Horizontal*) yang dibandingkan dengan gaya lateral (*Horizontal*) yang terjadi pada struktur atas pondasi sebagai berikut :
- a. daya dukung lateral (*Horizontal*) Tower No. 24A
 - Gaya Tekan (Hr_c) = $\left(\sqrt{Xc^2 + Yc^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 3,51 \text{ ton/pile} < Ha = 6,36 \text{ ton} \text{(OK)}$
 - Gaya Tarik (Hr_{up}) = $\left(\sqrt{Xu^2 + Yu^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 3,51 \text{ ton/pile} < Ha = 6,36 \text{ ton} \text{(OK)}$
 - b. daya dukung lateral (*Horizontal*) Tower No. 25A
 - Gaya Tekan (Hr_c) = $\left(\sqrt{Xc^2 + Yc^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 3,22 \text{ ton/pile} < Ha = 12,04 \text{ ton} \text{(OK)}$
 - Gaya Tekan (Hr_{up}) = $\left(\sqrt{Xu^2 + Yu^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 3,22 \text{ ton/pile} < Ha = 12,04 \text{ ton} \text{(OK)}$
 - c. daya dukung lateral (*Horizontal*) Tower No. 27A
 - Gaya Tekan (Hr_c) = $\left(\sqrt{Xc^2 + Yc^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 2,33 \text{ ton/pile} < Ha = 14,40 \text{ ton} \text{(OK)}$

- Gaya Tekan (Hr_{up}) = $\left(\sqrt{Xu^2 + Yu^2}\right) \times \text{jumlah pile} = 2,33 \text{ ton/pile}$
 $< Ha = 14,40 \text{ ton (OK)}$
6. Dari hasil perhitungan didapat rata – rata penurunan tanah elastis (S_i) dan penurunan tanah konsolidasi (S_c) yang dihitung penurunan total (S) setiap pondasi yang ditinjau sebagai berikut :
- a. *Sattlement* Tower No. 24A
 - $\sum S_i = 0,3243 \text{ mm}$
 - $S_c = 0,1463 \text{ mm}$
 - $S = \sum S_i + S_c = 0,4706 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}$
 - b. *Sattlement* Tower No. 25A
 - $\sum S_i = 0,9371 \text{ mm}$
 - $S_c = 0,2911 \text{ mm}$
 - $S = \sum S_i + S_c = 1,2282 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}$
 - c. *Sattlement* Tower No. 27A
 - $\sum S_i = 0,6415 \text{ mm}$
 - $S_c = 0,3380 \text{ mm}$
 - $S = \sum S_i + S_c = 0,9795 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}$

5.2. Saran

1. Sebelum melakukan perhitungan hendaknya kita memperoleh data teknis yang lengkap, karena data tersebut sangat menunjang dalam membuat rencana analisis perhitungan sesuai dengan standard dan syarat-syarat yang berlaku.
2. Perlu beberapa kali percobaan analisa untuk menguji hasil dari reaksi pembebanan terhadap pondasi untuk menentukan desain pondasi yang optimal dipergunakan dilapangan.
3. Teliti dalam mengolah data dan pembacaan gambar karena dapat mempengaruhi perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

<https://www.kajianpustaka.com/2020/11/pondasi.html>

<https://innovatest.co.id/jenis-jenis-pondasi-dangkal-dan-dalam/>

<https://123dok.com/article/ketentuan-perencanaan-pondasi-dalam-umum.z1g0188z>

<https://www.youtube.com/watch?v=S-HtyeWNZ8I>

Buku Standar PT PLN (Persero) SPLN T5.004 : 2010 ; Lampiran Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 022.K/DIR/2011 “Kriteria Desain Tower Rangka Baja (*Latticed Steel Tower*) Untuk Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi”

Buku Standar PT PLN (Persero) SPLN T5.006 : 2019 ; Lampiran Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 0118.K/DIR/2019 “Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET), dan Saluran Udara Tegangan Tinggi Arus Searah (SUTTAS)”

Buku Standar PT PLN (Persero) SPLN T5.008 : 2021 ; Lampiran Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 0328.K/DIR/2021 “Desain Pondasi Tower Rangka Baja Untuk Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi Berdasarkan Hasil Uji Penetrasi Sondir”

Standarisasi Gambar Outline dan Arrangement Tower Transmisi 2 Sirkuit 150 kV / 275 kV / 500 kV Dalam Rangka Proyek 35000MW

LAMPIRAN



Lampiran Gambar 1.1 Dokumentasi Sondering TW. 24A



Lampiran Gambar 1.2 Dokumentasi Sondering TW. 25A



Lampiran Gambar 1.3 Dokumentasi Sondering TW. 27A

Lampiran Tabel 1.1 Hasil Sondir TW. 24A

PB - KN 24 6			GWL=	(METER)	7/9/2024	23		
Depth m	CR kg/cm2	TR kg/cm2	VALIDATION	F kg/cm2	LF kg/cm2	FR %	SF kg/cm	TSF kg/cm
1	2	3		4=3-2	5=4/10	6=5/2	7=5*20	8=7+(8')
0.00	0.00	0.00	OK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	4.00	6.00	OK	2.00	0.20	5.00	4.00	4.00
0.40	4.00	6.00	OK	2.00	0.20	5.00	4.00	8.00
0.60	5.00	7.00	OK	2.00	0.20	4.00	4.00	12.00
0.80	5.00	7.00	OK	2.00	0.20	4.00	4.00	16.00
1.00	6.00	8.00	OK	2.00	0.20	3.33	4.00	20.00
1.20	6.00	8.00	OK	2.00	0.20	3.33	4.00	24.00
1.40	7.00	9.00	OK	2.00	0.20	2.86	4.00	28.00
1.60	6.00	8.00	OK	2.00	0.20	3.33	4.00	32.00
1.80	7.00	9.00	OK	2.00	0.20	2.86	4.00	36.00
2.00	8.00	10.00	OK	2.00	0.20	2.50	4.00	40.00
2.20	10.00	12.00	OK	2.00	0.20	2.00	4.00	44.00
2.40	11.00	13.00	OK	2.00	0.20	1.82	4.00	48.00
2.60	11.00	13.00	OK	2.00	0.20	1.82	4.00	52.00
2.80	14.00	18.00	OK	4.00	0.40	2.86	8.00	60.00
3.00	16.00	18.00	OK	2.00	0.20	1.25	4.00	64.00
3.20	15.00	17.00	OK	2.00	0.20	1.33	4.00	68.00
3.40	18.00	20.00	OK	2.00	0.20	1.11	4.00	72.00
3.60	22.00	27.00	OK	5.00	0.50	2.27	10.00	82.00
3.80	25.00	29.00	OK	4.00	0.40	1.60	8.00	90.00
4.00	23.00	26.00	OK	3.00	0.30	1.30	6.00	96.00
4.20	26.00	32.00	OK	6.00	0.60	2.31	12.00	108.00
4.40	26.00	32.00	OK	6.00	0.60	2.31	12.00	120.00
4.60	31.00	37.00	OK	6.00	0.60	1.94	12.00	132.00
4.80	31.00	37.00	OK	6.00	0.60	1.94	12.00	144.00
5.00	34.00	39.00	OK	5.00	0.50	1.47	10.00	154.00
5.20	34.00	39.00	OK	5.00	0.50	1.47	10.00	164.00
5.40	36.00	41.00	OK	5.00	0.50	1.39	10.00	174.00
5.60	37.00	43.00	OK	6.00	0.60	1.62	12.00	186.00
5.80	37.00	43.00	OK	6.00	0.60	1.62	12.00	198.00
6.00	40.00	45.00	OK	5.00	0.50	1.25	10.00	208.00
6.20	42.00	47.00	OK	5.00	0.50	1.19	10.00	218.00
6.40	42.00	47.00	OK	5.00	0.50	1.19	10.00	228.00
6.60	46.00	51.00	OK	5.00	0.50	1.09	10.00	238.00
6.80	48.00	56.00	OK	8.00	0.80	1.67	16.00	254.00
7.00	48.00	56.00	OK	8.00	0.80	1.67	16.00	270.00
7.20	51.00	56.00	OK	5.00	0.50	0.98	10.00	280.00
7.40	52.00	57.00	OK	5.00	0.50	0.96	10.00	290.00
7.60	54.00	59.00	OK	5.00	0.50	0.93	10.00	300.00
7.80	56.00	61.00	OK	5.00	0.50	0.89	10.00	310.00
8.00	58.00	64.00	OK	6.00	0.60	1.03	12.00	322.00
8.20	58.00	64.00	OK	6.00	0.60	1.03	12.00	334.00
8.40	60.00	65.00	OK	5.00	0.50	0.83	10.00	344.00
8.60	61.00	66.00	OK	5.00	0.50	0.82	10.00	354.00
8.80	64.00	69.00	OK	5.00	0.50	0.78	10.00	364.00
9.00	68.00	73.00	OK	5.00	0.50	0.74	10.00	374.00

Lampiran Tabel 1.2 Lanjutan Hasil Sondir TW. 24A

9.20	68.00	73.00	OK	5.00	0.50	0.74	10.00	384.00
9.40	71.00	76.00	OK	5.00	0.50	0.70	10.00	394.00
9.60	71.00	76.00	OK	5.00	0.50	0.70	10.00	404.00
9.80	74.00	79.00	OK	5.00	0.50	0.68	10.00	414.00
10.00	77.00	85.00	OK	8.00	0.80	1.04	16.00	430.00
10.20	77.00	85.00	OK	8.00	0.80	1.04	16.00	446.00
10.40	79.00	86.00	OK	7.00	0.70	0.89	14.00	460.00
10.60	79.00	86.00	OK	7.00	0.70	0.89	14.00	474.00
10.80	81.00	88.00	OK	7.00	0.70	0.86	14.00	488.00
11.00	83.00	86.00	OK	3.00	0.30	0.36	6.00	494.00
11.20	85.00	91.00	OK	6.00	0.60	0.71	12.00	506.00
11.40	87.00	93.00	OK	6.00	0.60	0.69	12.00	518.00
11.60	91.00	99.00	OK	8.00	0.80	0.88	16.00	534.00
11.80	95.00	103.00	OK	8.00	0.80	0.84	16.00	550.00
12.00	97.00	106.00	OK	9.00	0.90	0.93	18.00	568.00
12.20	101.00	109.00	OK	8.00	0.80	0.79	16.00	584.00
12.40	103.00	111.00	OK	8.00	0.80	0.78	16.00	600.00
12.60	106.00	114.00	OK	8.00	0.80	0.75	16.00	616.00
12.80	108.00	118.00	OK	10.00	1.00	0.93	20.00	636.00
13.00	113.00	121.00	OK	8.00	0.80	0.71	16.00	652.00
13.20	116.00	122.00	OK	6.00	0.60	0.52	12.00	664.00
13.40	118.00	124.00	OK	6.00	0.60	0.51	12.00	676.00
13.60	122.00	129.00	OK	7.00	0.70	0.57	14.00	690.00
13.80	125.00	131.00	OK	6.00	0.60	0.48	12.00	702.00
14.00	128.00	135.00	OK	7.00	0.70	0.55	14.00	716.00
14.20	133.00	141.00	OK	8.00	0.80	0.60	16.00	732.00
14.40	136.00	143.00	OK	7.00	0.70	0.51	14.00	746.00
14.60	139.00	147.00	OK	8.00	0.80	0.58	16.00	762.00
14.80	143.00	151.00	OK	8.00	0.80	0.56	16.00	778.00
15.00	147.00	156.00	OK	9.00	0.90	0.61	18.00	796.00
15.20	152.00	159.00	OK	7.00	0.70	0.46	14.00	810.00
15.40	159.00	167.00	OK	8.00	0.80	0.50	16.00	826.00
15.60	162.00	171.00	OK	9.00	0.90	0.56	18.00	844.00
15.80	166.00	174.00	OK	8.00	0.80	0.48	16.00	860.00
16.00	168.00	176.00	OK	8.00	0.80	0.48	16.00	876.00
16.20	171.00	179.00	OK	8.00	0.80	0.47	16.00	892.00
16.40	174.00	182.00	OK	8.00	0.80	0.46	16.00	908.00
16.60	177.00	185.00	OK	8.00	0.80	0.45	16.00	924.00
16.80	179.00	187.00	OK	8.00	0.80	0.45	16.00	940.00
17.00	182.00	191.00	OK	9.00	0.90	0.49	18.00	958.00
17.20	185.00	196.00	OK	11.00	1.10	0.59	22.00	980.00
17.40	188.00	198.00	OK	10.00	1.00	0.53	20.00	1000.00
17.60	191.00	204.00	OK	13.00	1.30	0.68	26.00	1026.00
17.80	195.00	212.00	OK	17.00	1.70	0.87	34.00	1060.00
18.00	198.00	214.00	OK	16.00	1.60	0.81	32.00	1092.00
18.20	200.00	217.00	OK	17.00	1.70	0.85	34.00	1126.00

Lampiran Tabel 1.3 Hasil Sondir TW. 25A

PB - KN 25 6			GWL=	(METER)	01/09/2023		24	
Depth m	CR kg/cm2	TR kg/cm2	VALIDATION	F kg/cm2	LF kg/cm2	FR %	SF kg/cm	TSF kg/cm
1	2	3		4=3-2	5=4/10	6=5/2	7=5*20	8=7+(8')
0,00	0,00	0,00	OK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	4,00	6,00	OK	2,00	0,20	5,00	4,00	4,00
0,40	4,00	6,00	OK	2,00	0,20	5,00	4,00	8,00
0,60	5,00	7,00	OK	2,00	0,20	4,00	4,00	12,00
0,80	5,00	7,00	OK	2,00	0,20	4,00	4,00	16,00
1,00	6,00	8,00	OK	2,00	0,20	3,33	4,00	20,00
1,20	6,00	8,00	OK	2,00	0,20	3,33	4,00	24,00
1,40	6,00	8,00	OK	2,00	0,20	3,33	4,00	28,00
1,60	7,00	9,00	OK	2,00	0,20	2,86	4,00	32,00
1,80	6,00	8,00	OK	2,00	0,20	3,33	4,00	36,00
2,00	7,00	9,00	OK	2,00	0,20	2,86	4,00	40,00
2,20	8,00	10,00	OK	2,00	0,20	2,50	4,00	44,00
2,40	8,00	10,00	OK	2,00	0,20	2,50	4,00	48,00
2,60	10,00	12,00	OK	2,00	0,20	2,00	4,00	52,00
2,80	11,00	13,00	OK	2,00	0,20	1,82	4,00	56,00
3,00	12,00	14,00	OK	2,00	0,20	1,67	4,00	60,00
3,20	15,00	17,00	OK	2,00	0,20	1,33	4,00	64,00
3,40	15,00	17,00	OK	2,00	0,20	1,33	4,00	68,00
3,60	18,00	21,00	OK	3,00	0,30	1,67	6,00	74,00
3,80	18,00	21,00	OK	3,00	0,30	1,67	6,00	80,00
4,00	17,00	23,00	OK	6,00	0,60	3,53	12,00	92,00
4,20	18,00	21,00	OK	3,00	0,30	1,67	6,00	98,00
4,40	16,00	22,00	OK	6,00	0,60	3,75	12,00	110,00
4,60	16,00	22,00	OK	6,00	0,60	3,75	12,00	122,00
4,80	18,00	24,00	OK	6,00	0,60	3,33	12,00	134,00
5,00	20,00	25,00	OK	5,00	0,50	2,50	10,00	144,00
5,20	22,00	27,00	OK	5,00	0,50	2,27	10,00	154,00
5,40	24,00	29,00	OK	5,00	0,50	2,08	10,00	164,00
5,60	26,00	32,00	OK	6,00	0,60	2,31	12,00	176,00
5,80	26,00	32,00	OK	6,00	0,60	2,31	12,00	188,00
6,00	28,00	34,00	OK	6,00	0,60	2,14	12,00	200,00
6,20	28,00	38,00	OK	10,00	1,00	3,57	20,00	220,00
6,40	27,00	34,00	OK	7,00	0,70	2,59	14,00	234,00
6,60	30,00	35,00	OK	5,00	0,50	1,67	10,00	244,00
6,80	32,00	37,00	OK	5,00	0,50	1,56	10,00	254,00
7,00	32,00	37,00	OK	5,00	0,50	1,56	10,00	264,00
7,20	34,00	39,00	OK	5,00	0,50	1,47	10,00	274,00
7,40	34,00	39,00	OK	5,00	0,50	1,47	10,00	284,00
7,60	31,00	37,00	OK	6,00	0,60	1,94	12,00	296,00
7,80	34,00	39,00	OK	5,00	0,50	1,47	10,00	306,00
8,00	36,00	42,00	OK	6,00	0,60	1,67	12,00	318,00
8,20	38,00	43,00	OK	5,00	0,50	1,32	10,00	328,00
8,40	40,00	46,00	OK	6,00	0,60	1,50	12,00	340,00
8,60	42,00	47,00	OK	5,00	0,50	1,19	10,00	350,00
8,80	42,00	48,00	OK	6,00	0,60	1,43	12,00	362,00
9,00	46,00	51,00	OK	5,00	0,50	1,09	10,00	372,00
9,20	46,00	51,00	OK	5,00	0,50	1,09	10,00	382,00

Lampiran Tabel 1.4 Lanjutan Hasil Sondir TW. 25A

9,40	48,00	53,00	OK	5,00	0,50	1,04	10,00	392,00
9,60	51,00	57,00	OK	6,00	0,60	1,18	12,00	404,00
9,80	51,00	57,00	OK	6,00	0,60	1,18	12,00	416,00
10,00	53,00	59,00	OK	6,00	0,60	1,13	12,00	428,00
10,20	55,00	61,00	OK	6,00	0,60	1,09	12,00	440,00
10,40	58,00	64,00	OK	6,00	0,60	1,03	12,00	452,00
10,60	58,00	64,00	OK	6,00	0,60	1,03	12,00	464,00
10,80	61,00	67,00	OK	6,00	0,60	0,98	12,00	476,00
11,00	61,00	67,00	OK	6,00	0,60	0,98	12,00	488,00
11,20	63,00	69,00	OK	6,00	0,60	0,95	12,00	500,00
11,40	65,00	71,00	OK	6,00	0,60	0,92	12,00	512,00
11,60	65,00	71,00	OK	6,00	0,60	0,92	12,00	524,00
11,80	68,00	74,00	OK	6,00	0,60	0,88	12,00	536,00
12,00	72,00	78,00	OK	6,00	0,60	0,83	12,00	548,00
12,20	72,00	79,00	OK	7,00	0,70	0,97	14,00	562,00
12,40	76,00	83,00	OK	7,00	0,70	0,92	14,00	576,00
12,60	79,00	86,00	OK	7,00	0,70	0,89	14,00	590,00
12,80	80,00	86,00	OK	6,00	0,60	0,75	12,00	602,00
13,00	81,00	87,00	OK	6,00	0,60	0,74	12,00	614,00
13,20	85,00	91,00	OK	6,00	0,60	0,71	12,00	626,00
13,40	87,00	94,00	OK	7,00	0,70	0,80	14,00	640,00
13,60	87,00	94,00	OK	7,00	0,70	0,80	14,00	654,00
13,80	91,00	97,00	OK	6,00	0,60	0,66	12,00	666,00
14,00	91,00	97,00	OK	6,00	0,60	0,66	12,00	678,00
14,20	96,00	104,00	OK	8,00	0,80	0,83	16,00	694,00
14,40	98,00	104,00	OK	6,00	0,60	0,61	12,00	706,00
14,60	104,00	109,00	OK	5,00	0,50	0,48	10,00	716,00
14,80	107,00	113,00	OK	6,00	0,60	0,56	12,00	728,00
15,00	113,00	120,00	OK	7,00	0,70	0,62	14,00	742,00
15,20	118,00	124,00	OK	6,00	0,60	0,51	12,00	754,00
15,40	122,00	129,00	OK	7,00	0,70	0,57	14,00	768,00
15,60	126,00	135,00	OK	9,00	0,90	0,71	18,00	786,00
15,80	134,00	139,00	OK	5,00	0,50	0,37	10,00	796,00
16,00	137,00	146,00	OK	9,00	0,90	0,66	18,00	814,00
16,20	142,00	149,00	OK	7,00	0,70	0,49	14,00	828,00
16,40	144,00	151,00	OK	7,00	0,70	0,49	14,00	842,00
16,60	148,00	155,00	OK	7,00	0,70	0,47	14,00	856,00
16,80	157,00	165,00	OK	8,00	0,80	0,51	16,00	872,00
17,00	158,00	165,00	OK	7,00	0,70	0,44	14,00	886,00
17,20	161,00	169,00	OK	8,00	0,80	0,50	16,00	902,00
17,40	166,00	178,00	OK	12,00	1,20	0,72	24,00	926,00
17,60	172,00	180,00	OK	8,00	0,80	0,47	16,00	942,00
17,80	177,00	185,00	OK	8,00	0,80	0,45	16,00	958,00
18,00	180,00	187,00	OK	7,00	0,70	0,39	14,00	972,00
18,20	183,00	191,00	OK	8,00	0,80	0,44	16,00	988,00
18,40	186,00	195,00	OK	9,00	0,90	0,48	18,00	1006,00
18,60	191,00	203,00	OK	12,00	1,20	0,63	24,00	1030,00
18,80	196,00	206,00	OK	10,00	1,00	0,51	20,00	1050,00
19,00	199,00	215,00	OK	16,00	1,60	0,80	32,00	1082,00
19,20	200,00	217,00	OK	17,00	1,70	0,85	34,00	1116,00
19,40				0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00
19,60				0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00
19,80				0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00

Lampiran Tabel 1.5 Hasil Sondir TW. 27A

PB - KN 27 5			GWL=	(METER)		01/09/2023	26	
Depth m	CR kg/cm2	TR kg/cm2	VALIDATION	F kg/cm2	LF kg/cm2	FR %	SF kg/cm	TSF kg/cm
1	2	3		4=3-2	5=4/10	6=5/2	7=5*20	8=7+(8')
0,00	0,00	0,00	OK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	4,00	6,00	OK	2,00	0,20	5,00	4,00	4,00
0,40	4,00	6,00	OK	2,00	0,20	5,00	4,00	8,00
0,60	5,00	7,00	OK	2,00	0,20	4,00	4,00	12,00
0,80	5,00	7,00	OK	2,00	0,20	4,00	4,00	16,00
1,00	6,00	8,00	OK	2,00	0,20	3,33	4,00	20,00
1,20	5,00	7,00	OK	2,00	0,20	4,00	4,00	24,00
1,40	6,00	8,00	OK	2,00	0,20	3,33	4,00	28,00
1,60	7,00	9,00	OK	2,00	0,20	2,86	4,00	32,00
1,80	7,00	9,00	OK	2,00	0,20	2,86	4,00	36,00
2,00	8,00	10,00	OK	2,00	0,20	2,50	4,00	40,00
2,20	8,00	12,00	OK	4,00	0,40	5,00	8,00	48,00
2,40	10,00	12,00	OK	2,00	0,20	2,00	4,00	52,00
2,60	10,00	14,00	OK	4,00	0,40	4,00	8,00	60,00
2,80	12,00	15,00	OK	3,00	0,30	2,50	6,00	66,00
3,00	13,00	17,00	OK	4,00	0,40	3,08	8,00	74,00
3,20	15,00	19,00	OK	4,00	0,40	2,67	8,00	82,00
3,40	17,00	18,00	OK	1,00	0,10	0,59	2,00	84,00
3,60	16,00	18,00	OK	2,00	0,20	1,25	4,00	88,00
3,80	16,00	25,00	OK	9,00	0,90	5,63	18,00	106,00
4,00	20,00	29,00	OK	9,00	0,90	4,50	18,00	124,00
4,20	23,00	31,00	OK	8,00	0,80	3,48	16,00	140,00
4,40	25,00	34,00	OK	9,00	0,90	3,60	18,00	158,00
4,60	28,00	34,00	OK	6,00	0,60	2,14	12,00	170,00
4,80	28,00	37,00	OK	9,00	0,90	3,21	18,00	188,00
5,00	32,00	37,00	OK	5,00	0,50	1,56	10,00	198,00
5,20	32,00	42,00	OK	10,00	1,00	3,13	20,00	218,00
5,40	36,00	45,00	OK	9,00	0,90	2,50	18,00	236,00
5,60	39,00	49,00	OK	10,00	1,00	2,56	20,00	256,00
5,80	43,00	49,00	OK	6,00	0,60	1,40	12,00	268,00
6,00	43,00	51,00	OK	8,00	0,80	1,86	16,00	284,00
6,20	46,00	51,00	OK	5,00	0,50	1,09	10,00	294,00
6,40	46,00	54,00	OK	8,00	0,80	1,74	16,00	310,00
6,60	48,00	57,00	OK	9,00	0,90	1,88	18,00	328,00
6,80	50,00	57,00	OK	7,00	0,70	1,40	14,00	342,00
7,00	52,00	57,00	OK	5,00	0,50	0,96	10,00	352,00
7,20	54,00	59,00	OK	5,00	0,50	0,93	10,00	362,00
7,40	56,00	62,00	OK	6,00	0,60	1,07	12,00	374,00
7,60	53,00	58,00	OK	5,00	0,50	0,94	10,00	384,00
7,80	55,00	61,00	OK	6,00	0,60	1,09	12,00	396,00
8,00	56,00	62,00	OK	6,00	0,60	1,07	12,00	408,00
8,20	56,00	62,00	OK	6,00	0,60	1,07	12,00	420,00
8,40	58,00	64,00	OK	6,00	0,60	1,03	12,00	432,00
8,60	58,00	64,00	OK	6,00	0,60	1,03	12,00	444,00
8,80	54,00	65,00	OK	11,00	1,10	2,04	22,00	466,00
9,00	61,00	66,00	OK	5,00	0,50	0,82	10,00	476,00
9,20	63,00	68,00	OK	5,00	0,50	0,79	10,00	486,00

Lampiran Tabel 1.6 Lanjutan Hasil Sondir TW. 27A

9,40	64,00	70,00	OK	6,00	0,60	0,94	12,00	498,00
9,60	67,00	74,00	OK	7,00	0,70	1,04	14,00	512,00
9,80	67,00	74,00	OK	7,00	0,70	1,04	14,00	526,00
10,00	72,00	79,00	OK	7,00	0,70	0,97	14,00	540,00
10,20	75,00	81,00	OK	6,00	0,60	0,80	12,00	552,00
10,40	78,00	84,00	OK	6,00	0,60	0,77	12,00	564,00
10,60	82,00	88,00	OK	6,00	0,60	0,73	12,00	576,00
10,80	86,00	93,00	OK	7,00	0,70	0,81	14,00	590,00
11,00	88,00	96,00	OK	8,00	0,80	0,91	16,00	606,00
11,20	90,00	96,00	OK	6,00	0,60	0,67	12,00	618,00
11,40	92,00	99,00	OK	7,00	0,70	0,76	14,00	632,00
11,60	97,00	106,00	OK	9,00	0,90	0,93	18,00	650,00
11,80	104,00	110,00	OK	6,00	0,60	0,58	12,00	662,00
12,00	107,00	114,00	OK	7,00	0,70	0,65	14,00	676,00
12,20	124,00	129,00	OK	5,00	0,50	0,40	10,00	686,00
12,40	127,00	135,00	OK	8,00	0,80	0,63	16,00	702,00
12,60	131,00	138,00	OK	7,00	0,70	0,53	14,00	716,00
12,80	134,00	140,00	OK	6,00	0,60	0,45	12,00	728,00
13,00	138,00	145,00	OK	7,00	0,70	0,51	14,00	742,00
13,20	143,00	149,00	OK	6,00	0,60	0,42	12,00	754,00
13,40	147,00	154,00	OK	7,00	0,70	0,48	14,00	768,00
13,60	151,00	159,00	OK	8,00	0,80	0,53	16,00	784,00
13,80	153,00	160,00	OK	7,00	0,70	0,46	14,00	798,00
14,00	156,00	164,00	OK	8,00	0,80	0,51	16,00	814,00
14,20	142,00	149,00	OK	7,00	0,70	0,49	14,00	828,00
14,40	165,00	172,00	OK	7,00	0,70	0,42	14,00	842,00
14,60	168,00	175,00	OK	7,00	0,70	0,42	14,00	856,00
14,80	171,00	179,00	OK	8,00	0,80	0,47	16,00	872,00
15,00	173,00	181,00	OK	8,00	0,80	0,46	16,00	888,00
15,20	177,00	185,00	OK	8,00	0,80	0,45	16,00	904,00
15,40	185,00	194,00	OK	9,00	0,90	0,49	18,00	922,00
15,60	188,00	198,00	OK	10,00	1,00	0,53	20,00	942,00
15,80	197,00	206,00	OK	9,00	0,90	0,46	18,00	960,00
16,00	192,00	201,00	OK	9,00	0,90	0,47	18,00	978,00
16,20	195,00	207,00	OK	12,00	1,20	0,62	24,00	1002,00
16,40	197,00	206,00	OK	9,00	0,90	0,46	18,00	1020,00
16,60	200,00	216,00	OK	16,00	1,60	0,80	32,00	1052,00
16,80				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
17,00				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
17,20				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
17,40				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
17,60				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
17,80				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
18,00				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
18,20				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
18,40				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
18,60				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
18,80				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
19,00				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
19,20				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
19,40				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
19,60				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00
19,80				0,00	0,00	0,00	0,00	1052,00

Lampiran Tabel 1.7 Tower Schedule TL 150 kV Perbaungan – Kualanamu

TOWER SCHEDULE

PT PLN (PERSERO)		UNIT INDUK PEMBANGUNAN II JL. DR. CIPTO NO.12 MEDAN 20152		CV. NINTA Jl. Kumbaja No. 19, Telp. 061-8218419 Medan - Sumatera Utara		PROJECT : SURVEY DAN SOIL INVESTIGATION 150 Kv PERBAUNGAN - KUALA NAMU BERSERTA GI		SECTION : GI PERBAUNGAN - GI KUALA NAMU		CONDUCTOR : ACSR 2 X 240/40 mm2 (Hawk)		EARTH WIRE : GSW 55 mm2		
RASIO WTAWD = 0.7 - 1.5		DRAWING NO :		REVISION NO :		DATE :								
NO	TOWER NUMBER	ACT. SPAN (M)	PROGRESSIVE DISTANCE (M)	KOORDINAT		GROUND LEVEL (M)	CROSSING REMARKS	AREA TOWER (m ²)	CONDITION OF TOWER LOCATION	WILAYAH				KET.
				X	Y					DESA / KELURAHAN	KECAMATAN	KABUPATEN	Serdang Bedagai	
1	T.PB-KN 01 DN	125.208	125.208	494,329	395,426	15.000	Jalan Perumahan, TR 20kV, Jalur 150 kv	400	Ladang	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai		
2	T.PB-KN 02	253.724	378.932	494,228	395,500	15.400	Jalan Kebun	400	Sawit	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai		
3	T.PB-KN 03	211.717	590.649	494,063	395,693	16.480	Jalan Kebun	225	Sawit	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai		
4	T.PB-KN 04	251.179	841.828	493,926	395,854	15.780	Jalan Kebun, Parit Gajah	225	Sawit	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai		
5	T.PB-KN 05	250.619	1,092.447	493,763	396,045	15.200		225	Sawit	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai		
6	T.PB-KN 06	258.173	1,350.620	493,600	396,235	17.320	Jalan Kebun	225	Sawit	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai		
7	T.PB-KN 07	268.081	1,618.701	493,432	396,432	16.570		225	Sawit	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai		
8	T.PB-KN 08	299.909	1,918.610	493,258	396,636	15.480	Jalan Kebun	225	Sawit	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
9	T.PB-KN 09	320.639	2,239.249	493,063	396,864	13.640	Irigasi Sawah	400	Sawit	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
10	T.PB-KN 10	280.173	2,519.422	492,753	396,945	12.430		400	Sawah	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
11	T.PB-KN 11	282.008	2,801.430	492,595	397,176	11.490	Jalan Desa, TR 20kV, Irigasi Sawah	225	Sawah	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
12	T.PB-KN 12	273.990	3,075.420	492,435	397,409	10.340	Jalan Desa, TR 20kV, Irigasi Sawah	400	Sawah	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
13	T.PB-KN 13	275.647	3,351.067	492,207	397,559	10.020	Jalan Desa, TR 20kV	225	Sawah	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
14	T.PB-KN 14	261.219	3,612.286	491,977	397,711	9.580		225	Sawah	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
15	T.PB-KN 15	283.147	3,895.433	491,758	397,855	10.640	Irigasi Sawah	400	Sawah	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
16	T.PB-KN 16	286.363	4,181.796	491,488	397,940	10.680	Jalan Desa, TR 20kV	225	Sawah	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
17	T.PB-KN 17	300.880	4,482.676	491,215	398,026	11.130	Sungai Ular, Jalan Inspeksi	225	Sawit	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai		
18	T.PB-KN 18	250.006	4,732.682	490,928	398,116	11.730	Jalan Desa, TR 20kV	225	Ladang	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
19	T.PB-KN 19	256.164	4,988.846	490,690	398,191	10.420	Jalan Desa, Irigasi Sawah, TR 20kV	225	Sawah	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
20	T.PB-KN 20	281.257	5,270.103	490,445	398,268	11.020		400	Sawah	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
21	T.PB-KN 21	300.633	5,570.736	490,165	398,293	10.590	Irigasi Sawah	225	Sawah	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
22	T.PB-KN 22	290.076	5,860.812	489,866	398,319	10.840	Jalan Desa, TR 20kV	400	Sawah	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
23	T.PB-KN 23	301.207	6,162.019	489,579	398,366	11.270	Irigasi Sawah	400	Sawah	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
24	T.PB-KN 24	318.053	6,480.072	489,278	398,369	9.850	Jalan Desa, TR 20kV, Irigasi Sawah	225	Sawah	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
25	T.PB-KN 25	289.783	6,769.855	488,960	398,363	12.100	Irigasi Sawah	400	Sawah	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
26	T.PB-KN 26	240.412	7,010.267	488,671	398,379	12.180	Jalan Desa, TR 20kV	400	Sawah	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang		
27	T.PB-KN 27	103.305	7,113.572	488,432	398,351	12.690		400	Sawah	Bali	Beringin	Deli Serdang		
28	T.PB-KN 28 DN	-	-	488,350	398,413	12.840		400	Sawah	Bali	Beringin	Deli Serdang		
TOTAL JARAK		7,113.572	Meter	LUAS TAPAK TOWER		8,575	m²							

Lampiran Tabel 1.8 Koordinat Tower Sudut TL 150 kV Perbaungan - Kualanamu

TOWER SUDUT
SURVEY DAN SOIL INVESTIGATION 150 kV
PERBAUNGAN - KUALA NAMU BESERTA GI

NO	TOWER NUMBER	TOWER TYPE		ANGLES		KOORDINAT			WILAYAH		
				° ' "	L/R	X	Y	ZONE	DESA / KELURAHAN	KECAMATAN	KOTA/KAB.
1	T.PB-KN 01 DN	DRD	+15	0° 0' 0"		494,329	395,426	47N	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai
1	T.PB-KN 02	BB	+15	13° 16' 5"	R	494,228	395,500	47N	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai
3	T.PB-KN 03	AA	+09	0° 0' 0"		494,063	395,693	47N	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai
4	T.PB-KN 04	AA	+06	0° 0' 0"		493,926	395,854	47N	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai
5	T.PB-KN 05	AA	+12	0° 0' 0"		493,763	396,045	47N	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai
6	T.PB-KN 06	AA	+09	0° 0' 0"		493,600	396,235	47N	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai
7	T.PB-KN 07	AA	+09	0° 0' 0"		493,432	396,432	47N	Batang Terap	Perbaungan	Serdang Bedagai
8	T.PB-KN 08	AA	+12	0° 0' 0"		493,258	396,636	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
2	T.PB-KN 09	CC	+12	34° 50' 19"	L	493,063	396,864	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
3	T.PB-KN 10	DD	+09	40° 56' 31"	R	492,753	396,945	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
11	T.PB-KN 11	AA	+09	0° 0' 0"		492,595	397,176	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
4	T.PB-KN 12	CC	+12	22° 12' 1"	L	492,435	397,409	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
13	T.PB-KN 13	AA	+09	0° 0' 0"		492,207	397,559	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
14	T.PB-KN 14	AA	+12	0° 0' 0"		491,977	397,711	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
5	T.PB-KN 15	BB	+09	15° 56' 47"	L	491,758	397,855	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
16	T.PB-KN 16	AA	+12	0° 0' 0"		491,488	397,940	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
17	T.PB-KN 17	AA	+12	0° 0' 0"		491,215	398,026	47N	Ujung Rambung	Perbaungan	Serdang Bedagai
18	T.PB-KN 18	AA	+15	0° 0' 0"		490,928	398,116	47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
19	T.PB-KN 19	AA	+09	0° 0' 0"		490,690	398,191	47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
6	T.PB-KN 20	BB	+12	12° 25' 22"	L	490,445	398,268	47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
21	T.PB-KN 21	AA	+12	0° 0' 0"		490,165	398,293	47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
7	T.PB-KN 22	BB	+15	4° 17' 35"	R	489,866	398,319	47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
8	T.PB-KN 23	BB	+09	8° 45' 11"	L	489,579		47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
24	T.PB-KN 24	AA	+12	1° 39' 8"	L	489,278	398,369	47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
9	T.PB-KN 25	BB	+12	4° 15' 1"	R	488,960	398,363	47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
10	T.PB-KN 26	BB	+09	9° 51' 4"	L	488,671	398,379	47N	Sidodadi	Beringin	Deli Serdang
11	T.PB-KN 27	DD	+09	43° 46' 30"	R	488,432	398,351	47N	Bali	Beringin	Deli Serdang
28	T.PB-KN 28 DN	DRD	+06	0° 0' 0"		488,350	398,413	47N	Bali	Beringin	Deli Serdang



**Calculation Sheet
of
Foundation Tower 24**

Project No. : T/L 150 kV PERBAUNGAN-..

Project No. : PONDASI TL 150 kV PERB..

Client : PT. PLN UIP SB... Page 12

4. CHECK OF STABILITY

4.1 CHECK OF PILE REACTION (Uni-Axial)

4.1.1 Formula

※ if footing is checked in Buoyancy ΣFz means $\Sigma Fz - Fb$

$$\text{- Uni Axial : } Rx = \frac{\Sigma Fz}{Np} \pm \frac{\Sigma My \times X}{\Sigma Xi^2}, \quad Ry = \frac{\Sigma Fz}{Np} \pm \frac{\Sigma Mx \times Y}{\Sigma Yi^2}$$

$$\text{- } Ru = \text{Max}[Rx_{\text{max}}, Ry_{\text{max}}]$$

$$\text{- } Uf = \text{Min}[0, Rx_{\text{min}}, Ry_{\text{min}}]$$

$$\text{- } Ru < Va \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{b. Horizontal - } H_{\text{max}} = \frac{\text{Max}(\Sigma Hx_i, \Sigma Hy_i)}{Np} < Ha \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{c. Uplift - } Uf < Ua \rightarrow \text{OK}$$

Ver. / Uf. = Vertical / Uplift

4.1.2 Check of Vertical & Uplift Reaction

Ft.Name	Np(EA)	Fl (mm)	Fw (mm)	SXi ² (m ²)	SYi ² (m ²)
F1	2	3000	3000	1.13	0

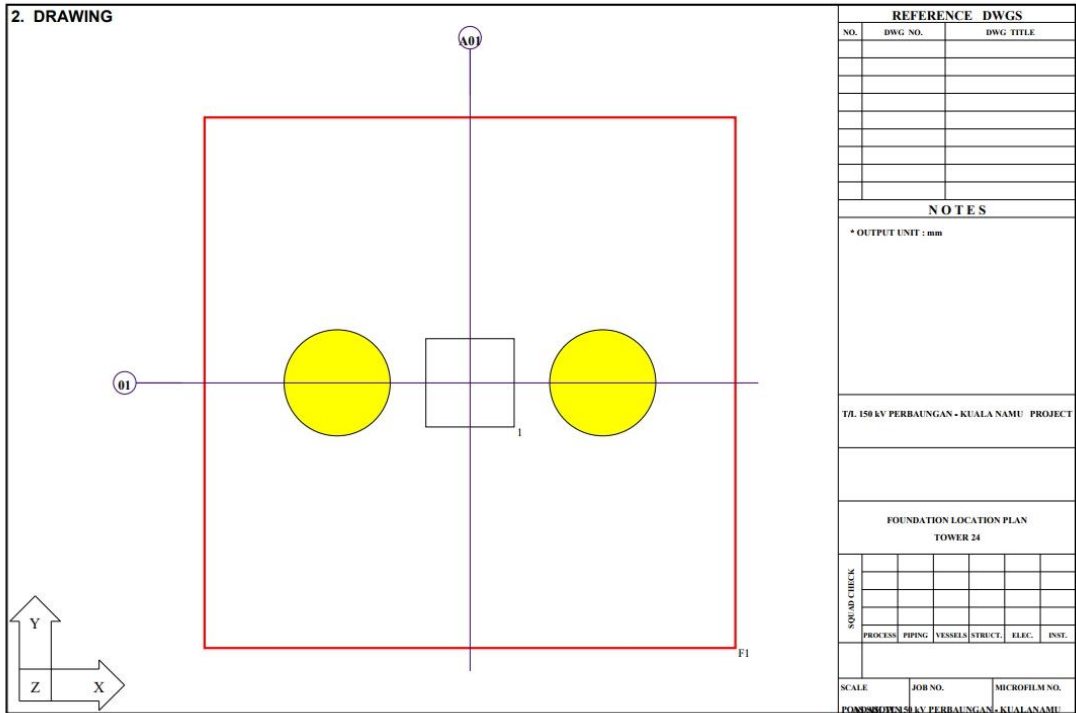
Unit(tonf)

Ft.Name	L.Comb.	Pile	R _{Max}	R _{Min}	Ru	Uf	Ra	Ua	Result	
F1	1	BP TOWER 24	X-Dir 35.693	Y-Dir 31.569	27.446	35.693	0	128.62	22.12	OK
		BP TOWER 24	X-Dir -13.029	Y-Dir -17.153	-21.276	0	-21.276	128.62	22.12	OK
	2	BP TOWER 24	X-Dir -13.029	Y-Dir -17.153	-21.276	0	-21.276	128.62	22.12	OK
		BP TOWER 24	X-Dir -13.029	Y-Dir -17.153	-21.276	0	-21.276	128.62	22.12	OK

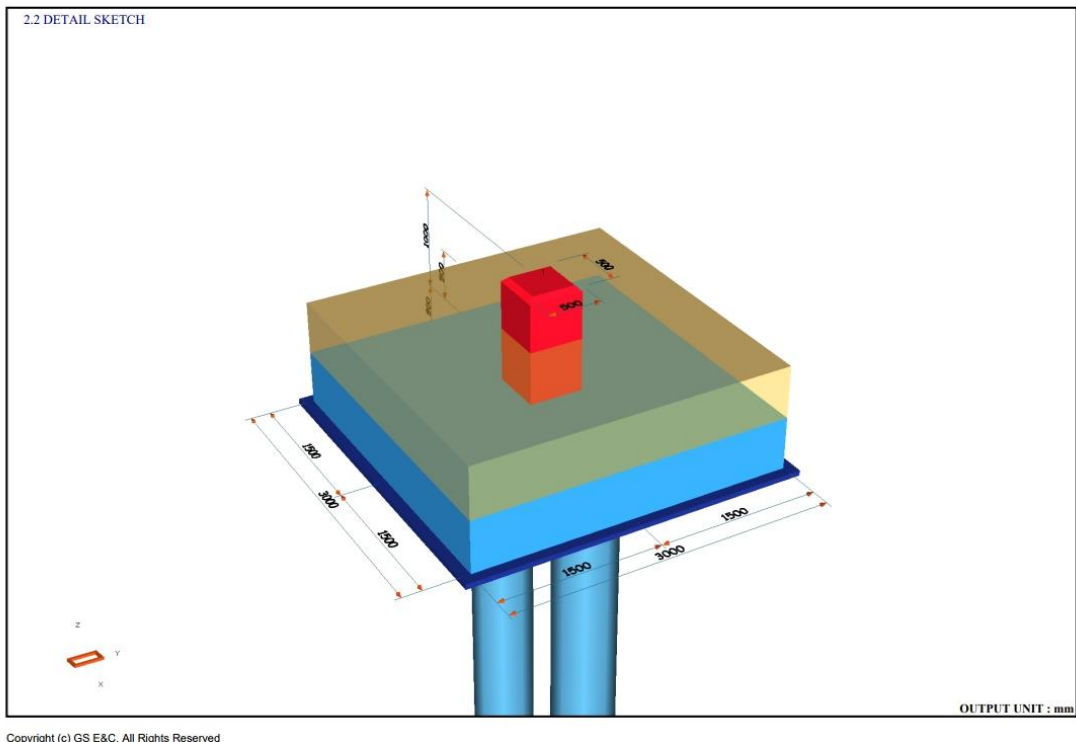
4.1.3 Check Of Horizontal Reaction

Ft.Name	L.Comb.	Pile	Hmax (tonf)	Ha (tonf)	Result
F1	1	BP TOWER 24	2.847	25.43	OK
	2	BP TOWER 24	2.847	25.43	OK

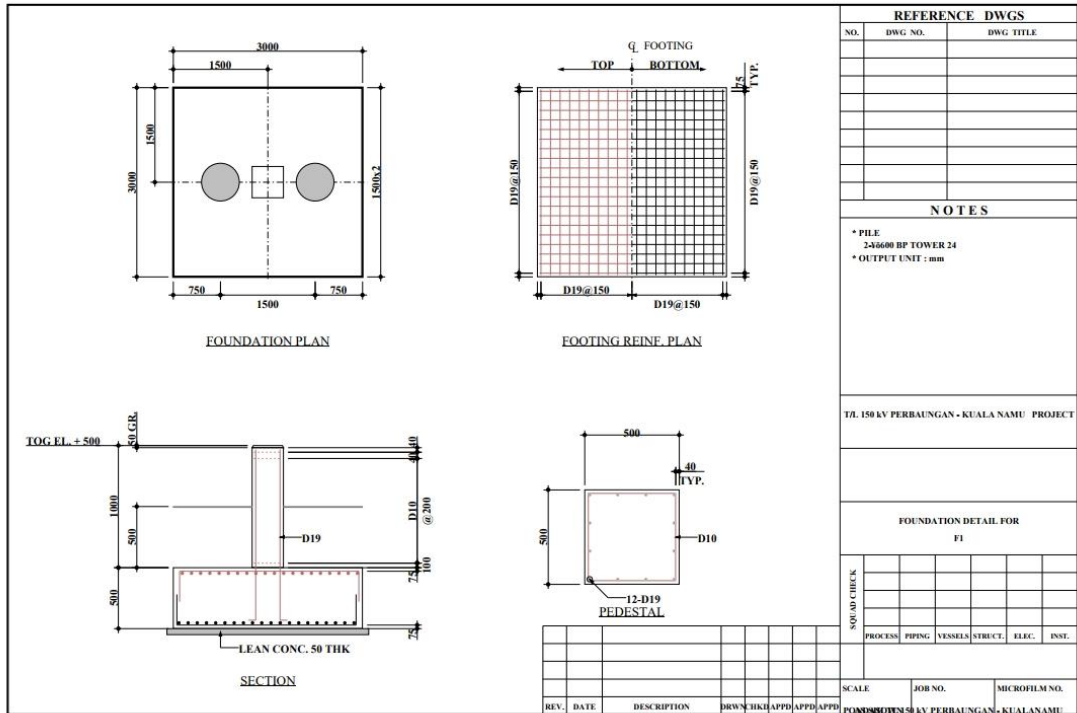
Lampiran Gambar 1.4 Report Analysis Pondasi Tower No. 24A



Lampiran Gambar 1.5 Tampak Atas Pondasi Tower No. 24



Lampiran Gambar 1.6 Desain Pondasi Tower No. 24



Copyright (c) GS E&C. All Rights Reserved

Lampiran Gambar 1.7 Detail Barbending Pondasi Tower No. 24



**Calculation Sheet
of
Foundation Tower 25**

Project No. : T/L 150 kV PERBAUNGAN-..

Project No. : PONDASI TL 150 kV PERB..

Client : PT. PLN UIP SB...

Page 12

4. CHECK OF STABILITY

4.1 CHECK OF PILE REACTION (Uni-Axial)

4.1.1 Formula

※ if footing is checked in Buoyancy ΣFz means $\Sigma Fz - Fb$

$$\text{- Uni Axial : } Rx = \frac{\Sigma Fz}{Np} \pm \frac{\Sigma My \times X}{\Sigma Xi^2}, \quad Ry = \frac{\Sigma Fz}{Np} \pm \frac{\Sigma Mx \times Y}{\Sigma Yi^2}$$

$$\text{- } Ru = \text{Max}[Rx_{max}, Ry_{max}]$$

$$\text{- } Uf = \text{Min}[0, Rx_{min}, Ry_{min}]$$

$$\text{- } Ru < Va \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{b. Horizontal - } Hmax = \frac{\text{Max}(\Sigma Hxi, \Sigma Hyi)}{Np} < Ha \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{c. Uplift - } Uf < Ua \rightarrow \text{OK}$$

Ver. / Uf. = Vertical / Uplift

4.1.2 Check of Vertical & Uplift Reaction

Ft.Name	Np(EA)	FI (mm)	Fw (mm)	SXi ² (m ²)	SYi ² (m ²)
F1	4	3000	3000	2.25	2.25

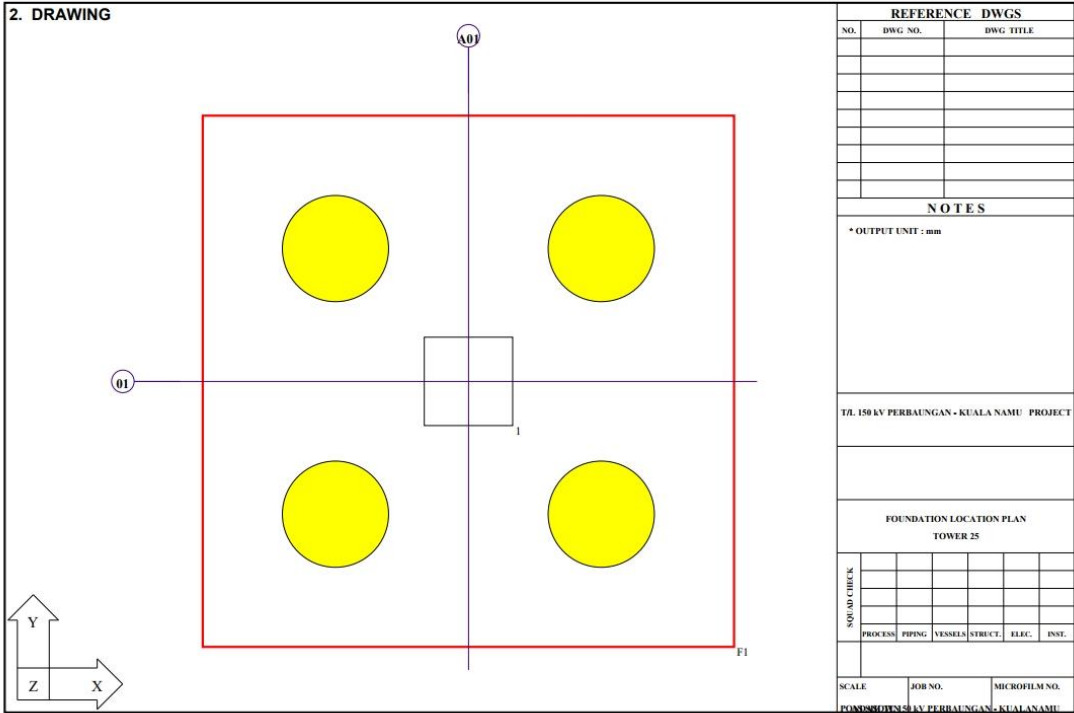
Unit(tonf)

Ft.Name	L.Comb.	Pile	R _{Max}	R _{Min}	Ru	Uf	Ra	Ua	Result
F1	1	BP TOWER 25	X-Dir 23.545	15.365	24.702	0	86.45	18.59	OK
		Y-Dir 24.702	14.208						
	2	BP TOWER 25	X-Dir -7.064	-15.244	0	-16.402	86.45	18.59	OK
		Y-Dir -5.907	-16.402						

4.1.3 Check Of Horizontal Reaction

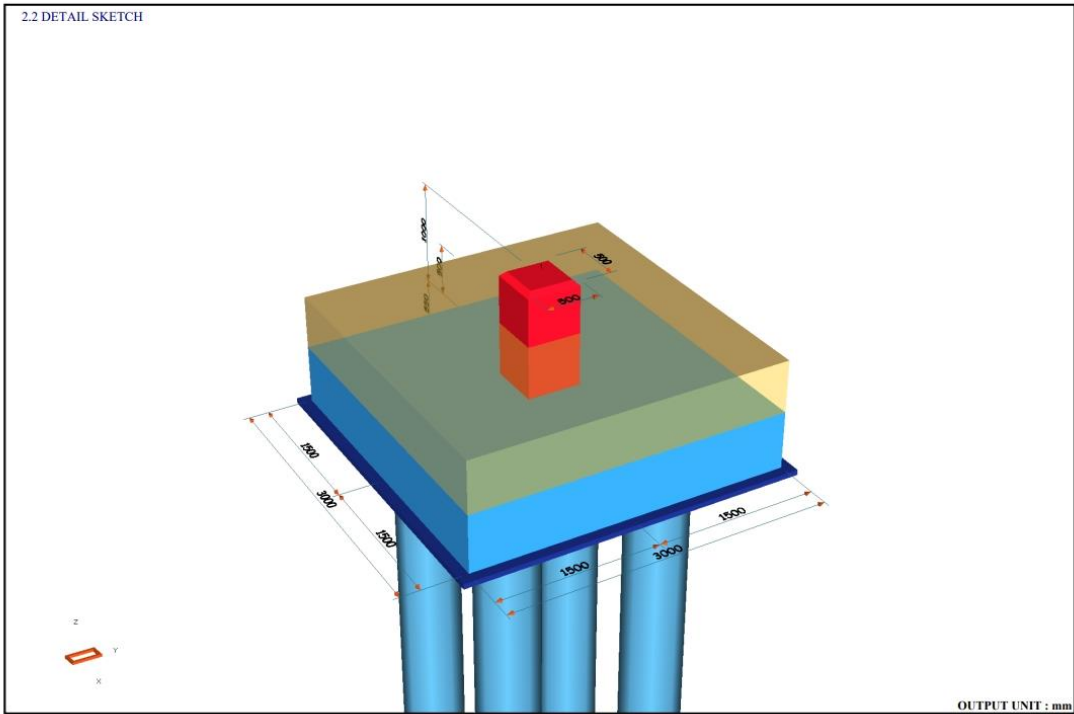
Ft.Name	L.Comb.	Pile	Hmax (tonf)	Ha (tonf)	Result
F1	1	BP TOWER 25	2.539	48.15	OK
	2	BP TOWER 25	2.539	48.15	OK

Lampiran Gambar 1.8 Report Analysis Pondasi Tower No. 25A



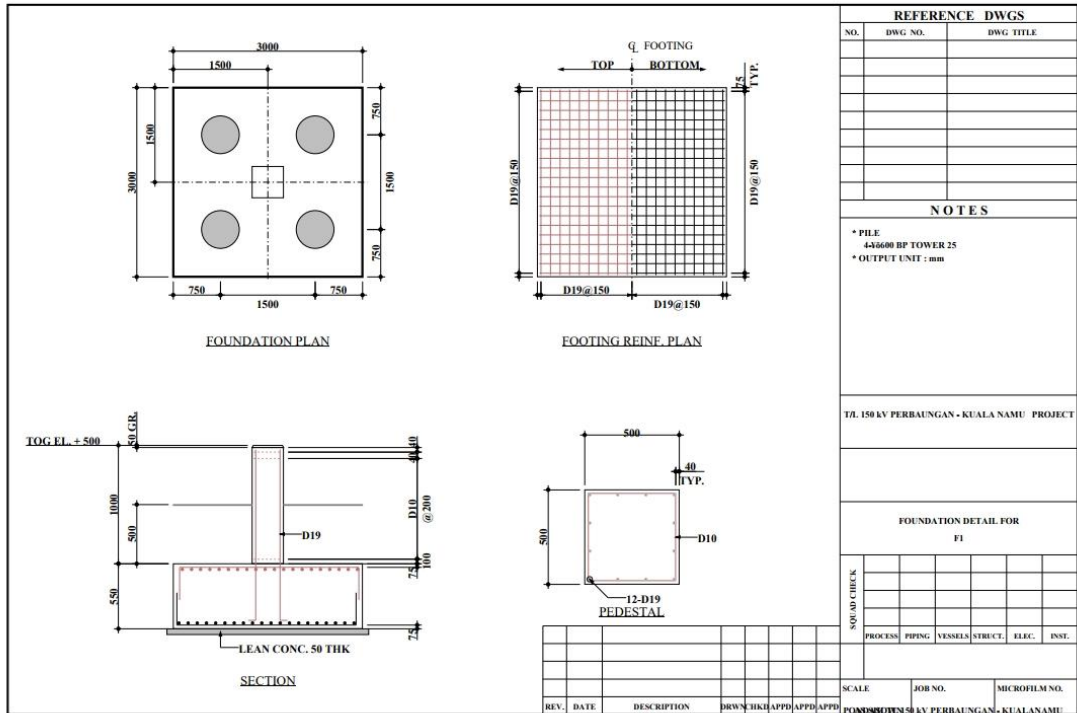
Copyright (c) GS E&C. All Rights Reserved

Lampiran Gambar 1.9 Tampak Atas Pondasi Tower No. 25



Copyright (c) GS E&C. All Rights Reserved

Lampiran Gambar 1.10 Desain Pondasi Tower No. 25



Copyright (c) GS E&C. All Rights Reserved

Lampiran Gambar 1.11 Detail Barbending Pondasi Tower No. 25



**Calculation Sheet
of
Foundation Tower 27**

Project No. : T/L 150 kV PERBAUNGAN-..
Project No. : PONDASI TL 150 kV PERB..
Client : PT. PLN UIP SB... Page 12

4. CHECK OF STABILITY

4.1 CHECK OF PILE REACTION (Uni-Axial)

4.1.1 Formula

※ if footing is checked in Buoyancy ΣFz means $\Sigma Fz - Fb$

$$\text{- Uni Axial : } Rx = \frac{\Sigma Fz}{Np} \pm \frac{\Sigma My \times X}{\Sigma Xi^2}, Ry = \frac{\Sigma Fz}{Np} \pm \frac{\Sigma Mx \times Y}{\Sigma Yi^2}$$

$$\text{- } Ru = \text{Max}[Rx_{max}, Ry_{max}]$$

$$\text{- } Uf = \text{Min}[0, Rx_{min}, Ry_{min}]$$

$$\text{- } Ru < Va \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{b. Horizontal - } Hmax = \frac{\text{Max}(\Sigma Hxi, \Sigma Hyi)}{Np} < Ha \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{c. Uplift - } Uf < Ua \rightarrow \text{OK}$$

Ver. / Uf. = Vertical / Uplift

4.1.2 Check of Vertical & Uplift Reaction

Ft.Name	Np(EA)	FI (mm)	Fw (mm)	SXi ² (m ²)	SYi ² (m ²)
F1	8	6000	6000	31.74	31.74

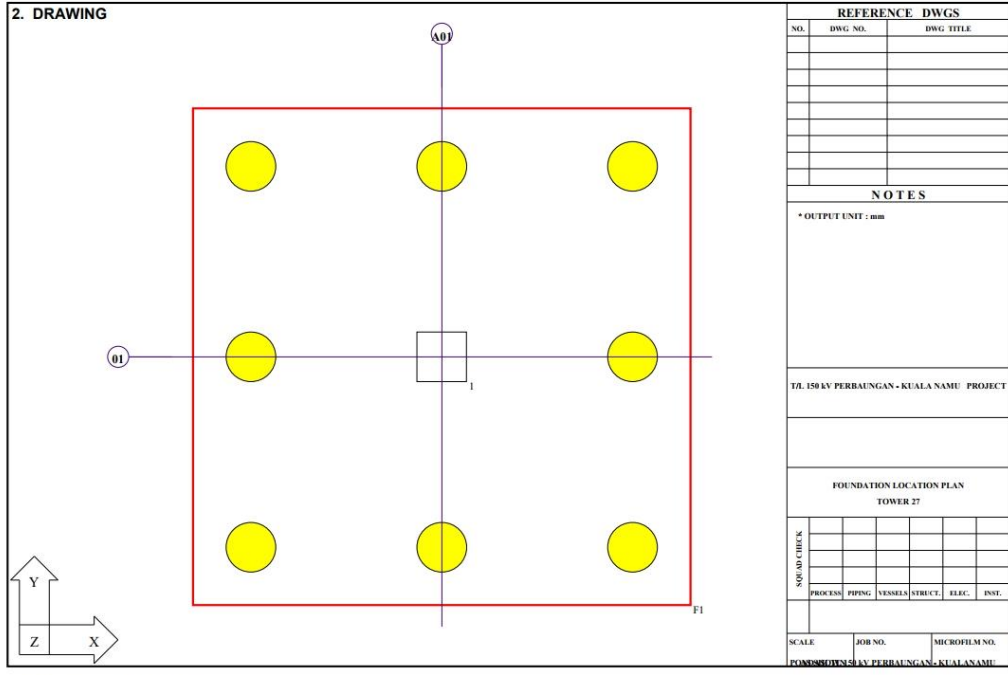
Unit(tonf)

Ft.Name	L.Comb.	Pile	R _{Max}	R _{Min}	Ru	Uf	Ra	Ua	Result	
F1	1	BP TOWER 27	X-Dir	21.904	19.191	22.228	0	101.07	20.02	OK
		Y-Dir	22.228	18.867						
	2	BP TOWER 27	X-Dir	-6.299	-9.011	0	-9.336	101.07	20.02	OK
		Y-Dir	-5.974	-9.336						

4.1.3 Check Of Horizontal Reaction

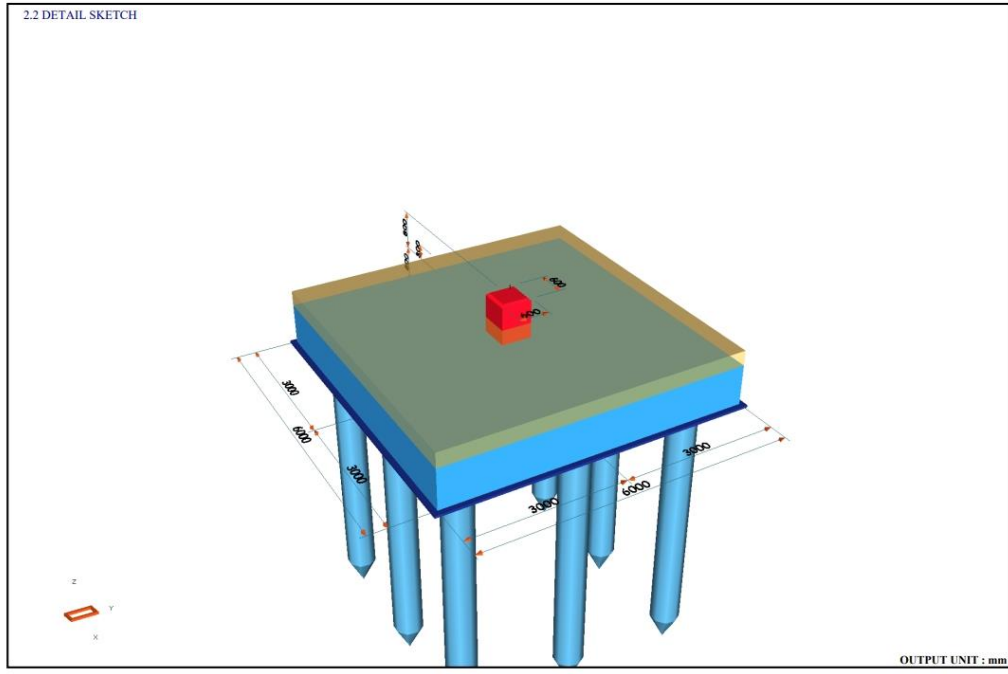
Ft.Name	L.Comb.	Pile	Hmax (tonf)	Ha (tonf)	Result
F1	1	BP TOWER 27	1.812	57.61	OK
	2	BP TOWER 27	1.812	57.61	OK

Lampiran Gambar 1.12 Report Analysis Pondasi Tower No. 27A



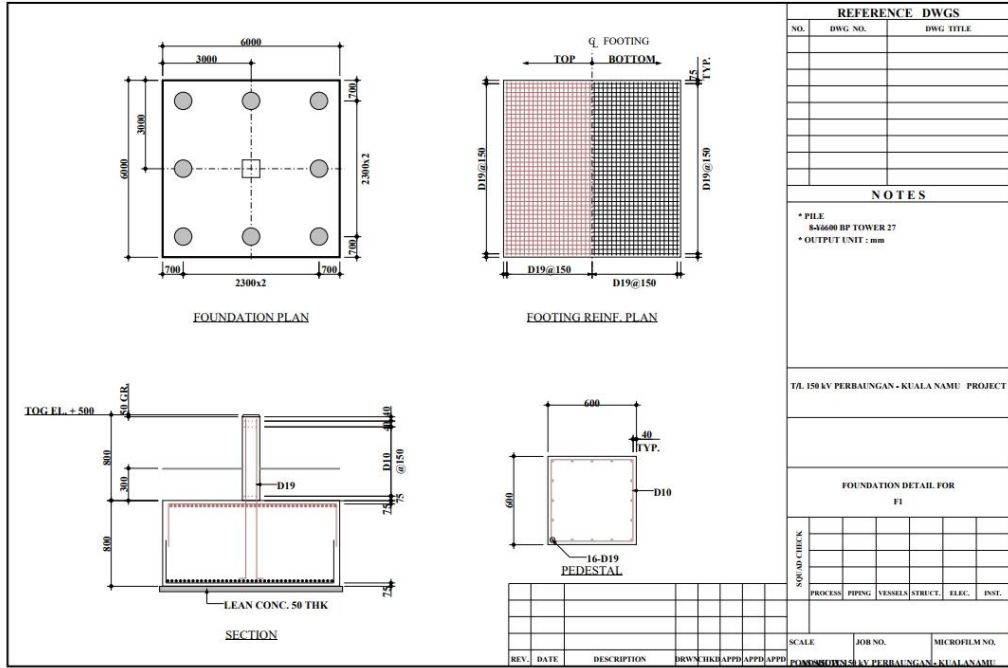
Copyright (c) GS E&C. All Rights Reserved

Lampiran Gambar 1.13 Tampak Atas Pondasi Tower No. 27



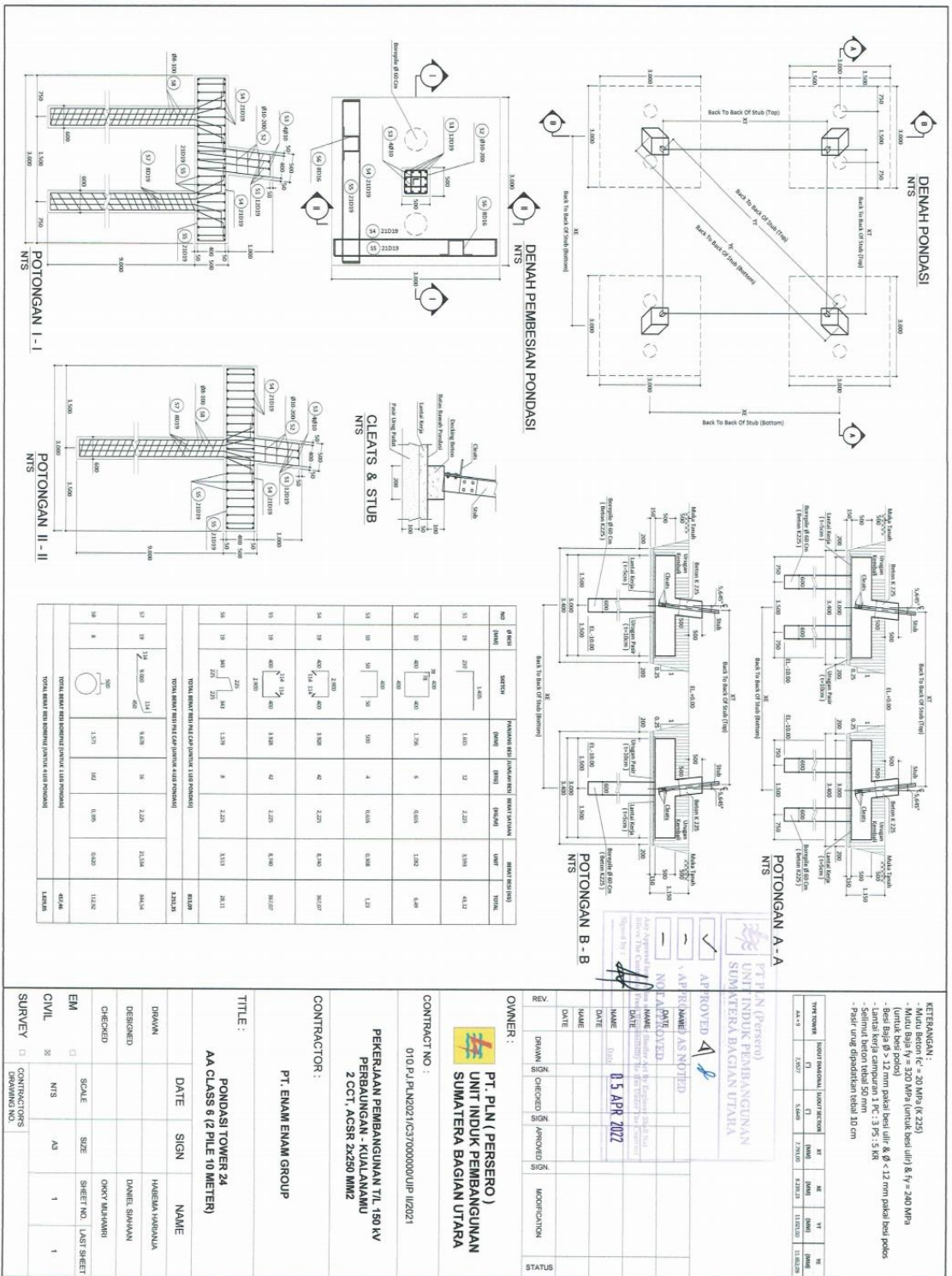
Copyright (c) GS E&C. All Rights Reserved

Lampiran Gambar 1.14 Desain Pondasi Tower No. 27

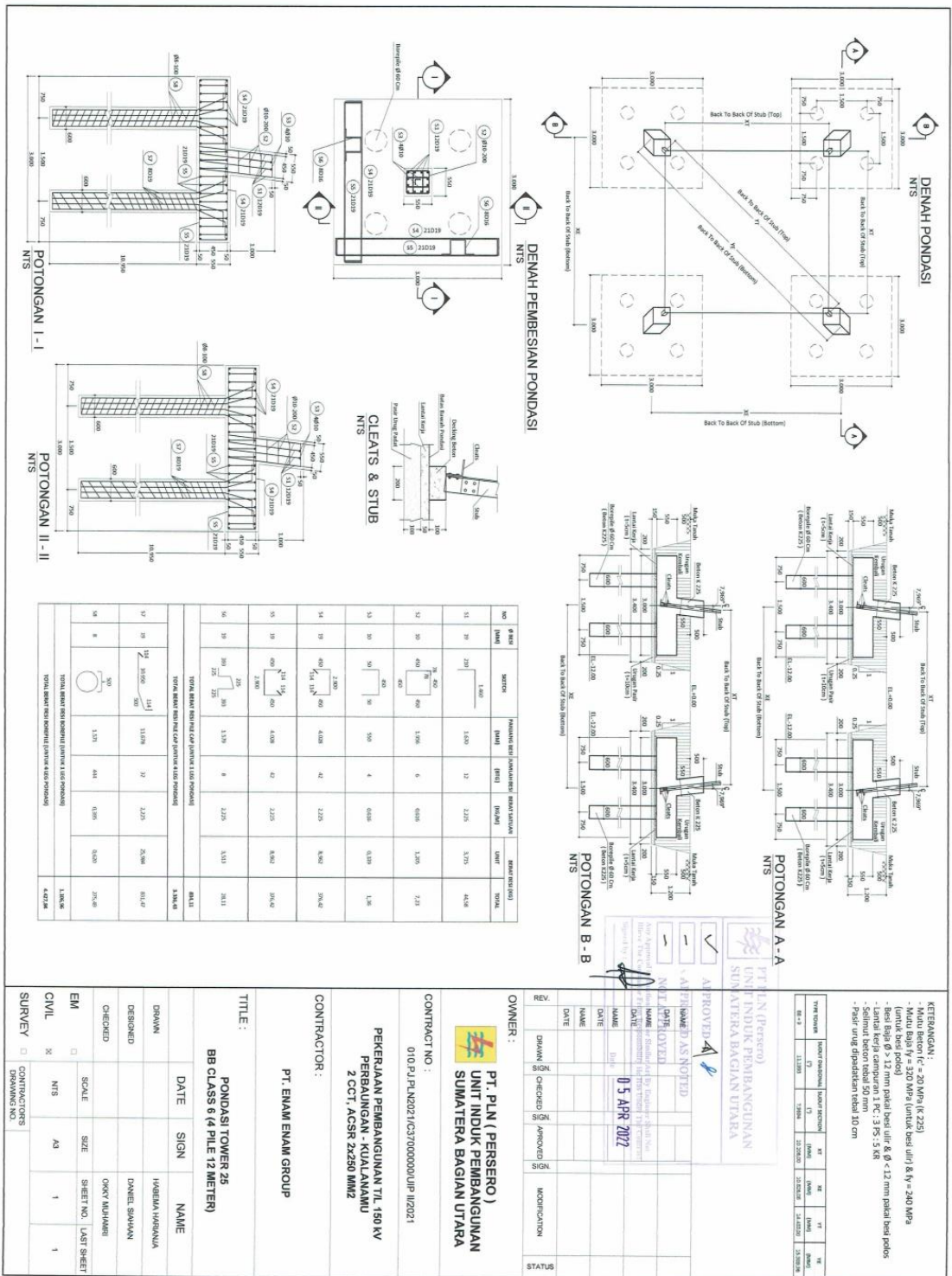


Copyright (c) GS E&C. All Rights Reserved

Lampiran Gambar 1.15 Detail Barbending Pondasi Tower No. 27



Lampiran Gambar 1.16 Gambar Acuan Pondasi Tower 24



KETERANGAN:

- Mutu beton f'c = 20 MPa (K 225)
- Mutu Baja fy = 320 MPa (untuk besi tulai) & fy = 240 MPa (untuk besi pokok)
- Besi tulai Ø 3 - 12 mm pakai besi ulir & Ø < 12 mm pakai besi polos
- Besi pokok Ø 20 - 32 mm pakai besi ulir & Ø < 20 mm pakai besi polos
- Sifat beton tahanan tarik fct = 3 MPa > 3 MPa
- Pasir unggul dipadatkan tebal 10 cm

PT. PLN (PERSERO)
UNIT INDIUK PEMBANGUNAN
SUMATERA BAGIAN UTARA

APPROVED AS NOTED
APPROVED AS NOTED
APPROVED AS NOTED
APPROVED AS NOTED

DATE: 05 APR 2017

NAME: [Signature]

OWNER:
PT. PLN (PERSERO)
UNIT INDIUK PEMBANGUNAN
SUMATERA BAGIAN UTARA

CONTRACT NO.:
010.P1.LIN.022.163700000U.P.112021

**PEKERJAAN PEMBANGUNAN TRL 150 KV
PERBANGUNAN - KUALANAMU
Z CCI, ACSN 2X250 MMZ**

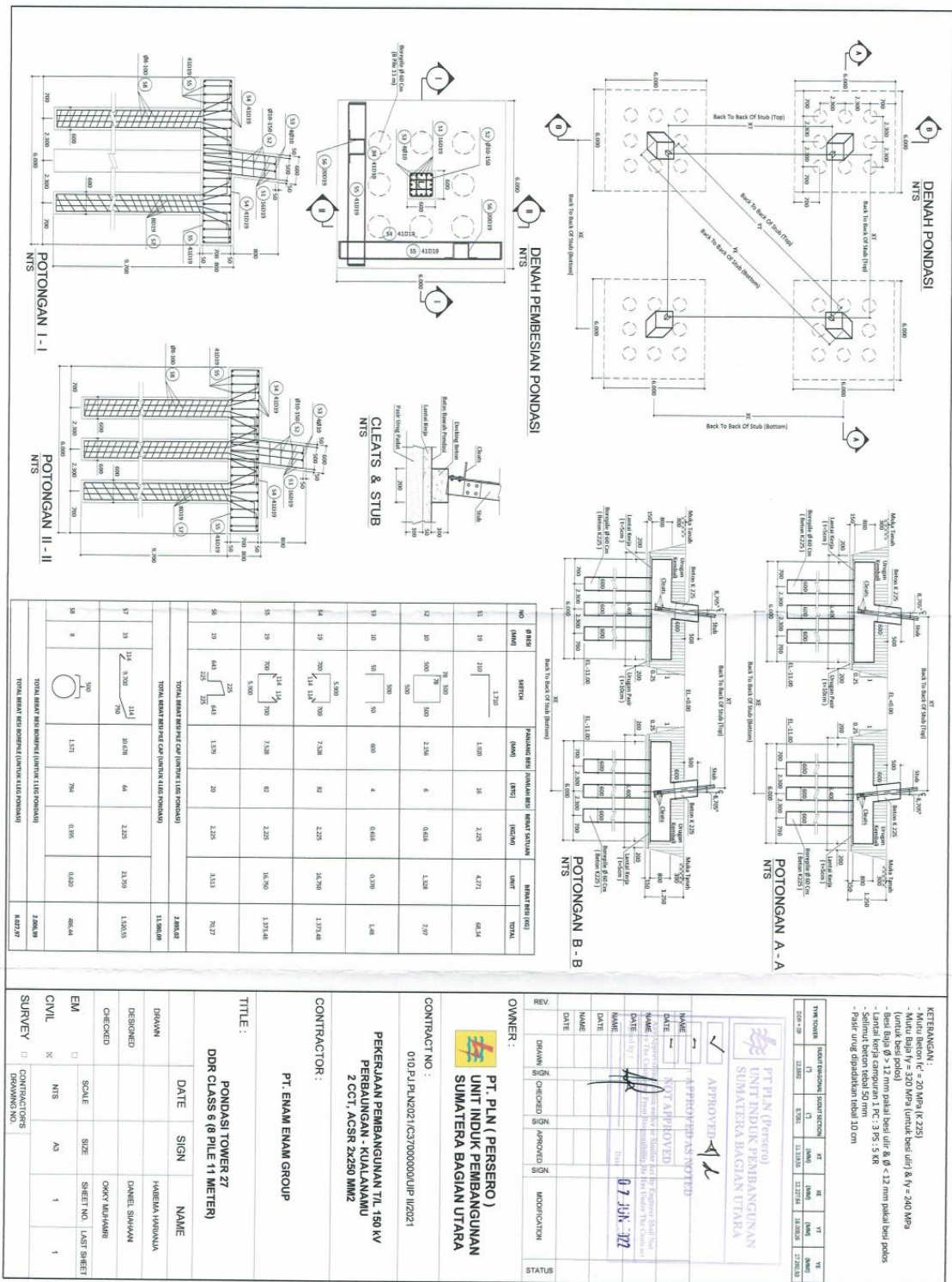
CONTRACTOR:
PT. ENAM ENAM GROUP

TITLE:
PONDASI TOWER 25
BB CLASS 6 (4 PILE 12 METER)

DATE	SIGN	NAME
		HABIBAH HUSAINA
		DANIEL SHAMAM
		ONGY RAHARDI

EM NIS AS 1

Lampiran Gambar 1.17 Gambar Acuan Pondasi Tower 25



Lampiran Gambar 1.18 Gambar Acuan Pondasi Tower 27