

TUGAS AKHIR

ANALISIS DAYA DUKUNG *BORE PILE* PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API ANTARA ARASKABU-TEBING TINGGI DAN LINTAS TEBING TINGGI-SIANTAR (Studi Kasus)

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

Disusun Oleh:

**RAHMA NUR AFIFA
1707210141**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rahma Nur Afifah

NPM : 1707210141

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Borpile Pada Pembangunan Jembatan Kereta Api Antara Araskabu-Tebing Tinggi Dan Lintas Tebing Tinggi-Siantar (Studi Kasus)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 8 Oktober 2021

Dosen Pembimbing



Fadliansyah, ST., M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rahma Nur Afifa

NPM : 1707210141

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung *Bore Pile* Pada Pembangunan Jembatan Kereta Api Antara Araskabu-Tebing Tinggi Dan Lintas Tebing Tinggi-Siantar.

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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, 17 Maret 2021

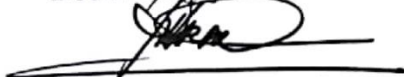
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



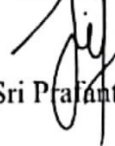
Fadliansyah S.T., M.T.

Dosen Penguji I



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji II



Sri Prafanti, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahma Nur Afifa
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/ 21 Mei 1999
NPM : 1707210141
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Daya Dukung *Bore Pile* Pada Pembangunan Jembatan Kereta Api Antara Araskabu-Tebing Tinggi Dan Lintas Tebing Tinggi-Siantar”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri 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, 17 Maret 2021
Saya yang menyatakan,



Rahma Nur Afifa

ABSTRAK

ANALISIS DAYA DUKUNG *BORE PILE* PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API ANTARA ARASKABU-TEBING TINGGI DAN LINTAS TEBING TINGGI-SIANTAR

Rahma Nur Afifa
1707210141
Fadliansyah S.T, M.T

Pondasi *bored pile* adalah suatu pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor. Daya dukung *bore pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan pada ujung tiang dan daya dukung gesek atau selimut (*friction bearing capacity*) diperoleh dari daya dukung gesek Antara *bored pile* dan tanah disekelilingnya. Penelitian ini dilakukan berdasarkan dari pengujian di lapangan. Pengujian di lapangan adalah penetrasi standar (SPT). Daya dukung pondasi dalam dapat dihitung dengan metode *Reese & Wreight* dan *Reese & O'Neil*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung ultimit tiang bor yang dihitung berdasarkan data N-SPT dengan metode *Reese & Wreight* pada titik BH1 sebesar 3620.6 kn dan pada titik BH2 sebesar 4274.34 kn, sedangkan dengan metode *Reese & O'Neil* pada titik BH1 sebesar 3464,3 kn dan pada titik BH2 sebesar 4380.69 kn. Hasil pengujian *Pile Driving Analyzer* (PDA) pada titik ABT 1 sebesar 3926.6 dan pada titik ABT 2 sebesar 4714.3 kn. Dari hasil analisis perhitungan penurunan dengan metode Vesic didapat besarnya penurunan yang terjadi pada tiang bor tunggal yaitu 0,012 cm, sedangkan penurunan yang diizinkan sebesar 0,08 cm

Kata Kunci: Pondasi Bor, Pengujian SPT, *Reese & Wreight*, *Reese & O'Neil*, daya dukung ultimate, penurunan

ABSTRACT

ANALYSIS OF BORE PILE SUPPORTING CAPACITY ON THE DEVELOPMENT OF THE RAILWAY BRIDGE BETWEEN ARASKABU-TEBING TINGGI AND LINTAS TEBING TINGGI-SIANTAR

Rahma Nur Afifa

1707210141

Fadliansyah S.T, M.T

Bored pile foundation is a foundation that is built by drilling the ground first, then filled with reinforced and casted. The bearing capacity of the bore pile is obtained from the end bearing capacity obtained from the pressure at the end of the pile and the friction bearing capacity is obtained from the friction bearing capacity between the bored pile and the surrounding soil. This research was conducted based on field testing. Testing in the field is standard penetration (SPT). The bearing capacity of deep foundations can be calculated using the Reese & Wreight and Reese & O'Neil methods. The results showed that the ultimate bearing capacity of the drill pile calculated based on N-SPT data using the Reese & Wreight method at point BH1 was 3620,6 kn and at point BH2 was 4274.34 kn, while with the Reese & O'Neil method at point BH1 was 3464,3 kn and at point BH2 is 4380.69 kn. The results of the Pile Driving Analyzer (PDA) test at point ABT 1 are 3926,6 kn and at point ABT 2 are 4714,3 kn. From the analysis of the settlement calculation using the Vesic method, it is found that the magnitude of the decrease that occurs in a single drill pile is 0,012 cm, while the allowable decrease is 0,08 cm.

Keyword : Bore Pile Foundation,SPT

Test,Reese&Wreight,Reese&O'Neil,Ultimate Bearing Capacity,Settlement

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Tak lupa pula shalawat beriring salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW beserta keluarganya, sehingga dengan petunjuknya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini tepat pada waktunya dengan judul “Analisis Dukung *Bore Pile* Pada Pembangunan Jembatan Kereta Api Antara Araskabu-Tebing Tinggi Dan Lintas Tebing Tinggi-Siantar.

Dimana Tugas Akhir ini adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilaksanakan oleh Mahasiswa/I Teknik Sipil dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwa betapa berat dan banyaknya halangan yang datang dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, namun dengan bantuan, bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, sehingga hambatan tersebut akhirnya dapat dilalui. Pada kesempatan ini pula penulis tak lupa menyampaikan terimah kasih dengan setulusnya kepada:

1. Teristimewa dan sangat luar biasa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda dan Ibunda tercinta.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ucapan terima kasih paling special untu diri saya sendiri yang telah melewati berbagai keadaan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah berusaha, telah bersabar, dan telah berjuang untuk menyelesaikan kewajiban ini. Kamu hebat.
4. Bapak Fadliansyah, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan pengarahan serta bimbingan dalam proses penyusunan tugas akhir ini.

5. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku dosen pembanding I sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu Sri Prafanti, S.T, M.T. selaku dosen pembanding II yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.
8. Keluarga besar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, khususnya teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil angkatan 2017 yang selalu memberikan motivasi, dukungan, serta canda dan tawa.

Menyadari skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca dan penulis sendiri khususnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 17 Maret 2021

Rahma Nur Afifa

DAFTAR ISI

BAB 1	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2	5
2.1 Tanah	5
2.2 Pengertian Pondasi	5
2.2.1 Klasifikasi Tanah	7
2.2.2 Pondasi Tiang Bor (<i>Bored Pile</i>)	10
2.2.3 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor	12
2.3 Penyelidikan Tanah di Lapangan	14
2.3.1 Pemboran (<i>Drilling</i>)	15
2.3.2 Pengujian Penetration	15
2.3.3 Pengujian PDA	16
2.4 Kapasitas Daya Dukung	17
2.4.1 Daya Dukung Ujung Dan Tiang Gesek	17
2.4.2 Faktor Aman	18
2.4.3 Kapasitas Daya Dukung Tiang <i>Bored Pile</i> Dari Hasil SPT	19
2.4.4 Penurunan Pada Tiang Tunggal	21
2.4.5 Penurunan Yang Diijinkan	23
2.5 Beban Lateral	23
2.5.1 Metode Broms	24
2.5.2 Menentukan Tiang Panjang atau Tiang Pendek	24
BAB 3	28
3.1 Data Umum	28
3.2 Data Teknis Tiang <i>Bored Pile</i>	28
3.3 Metode Pengumpulan Data	32
3.4 Tahapan Penelitian	32
3.5 Perhitung Daya Dukung Ultimate Tiang Tunggal	34
	vii

3.6 Perhitungan Penurunan (<i>Settlement</i> Pondasi)	39
3.7 Kesimpulan	39
BAB 4	40
4.1 Pendahuluan	40
4.2 Gambaran Umum Jembatan Kereta Api	40
4.3 Hasil Dan Pembahasan	40
4.3.1 Menghitung Kapasitas Daya Dukung <i>Bored Pile</i> Tunggal	40
4.3.2 Menghitung Penurunan (<i>Settlement</i>)	54
4.3.3 Menghitung Daya Dukung Lateral (Metode Broms)	56
BAB 5	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 : Nilai Koefisien Cp.
Tabel 2.2 : Angka Poisson
Tabel 2.3 : Sambungan Angka Poisson
Tabel 2.4 : Modulus Elastisitas Tanah(Es)
Tabel 3.1 : Data Hasil Uji Pengeboran (BH1)
Tabel 3.2 : Data Hasil Uji Pengeboran (BH2)
Tabel 3.3 : Daya Dukung Ultimate Reese&Wreight BH1
Tabel 3.4 : Daya Dukung Ultimate Reese&Wreight BH2
Tabel 3.5 : Daya Dukung Ultimate Reese&O'Neil BH1
Tabel 3.6 : Daya Dukung Ultimate Reese&O'Neil BH2

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 : Macam-macam Tipe Pondasi
Gambar 2.2 : Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Metode Kering
Gambar 2.3 : Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Metode Basah
Gambar 2.4 : Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Metode Casing
Gambar 2.5 : Tahanan Ujung dan Tahanan Gesek Pada Tiang Bor
Gambar 2.6 : Tahanan Lateral Ultimit Pada Tanah Granular Untuk Tiang Bor
Gambar 3.1 : Peta Lokasi
Gambar 3.2 : Detail Pondasi Tiang *Bore Pile*
Gambar 3.3 : Bagan Alir Penelitian
Gambar 3.1 : Denah Lokasi
Gambar 3.2 : Detail Pondasi Tiang Pancang
Gambar 3.3 : Bagan Alir Penelitian
Gambar 4.1 : Grafik Broms
Gambar 4.2 : Grafik Broms

DAFTAR NOTASI

A_p	= Luas penampang tiang
B_g	= Lebar kelompok tiang
C_u	= Undrained shear strength (kohesi tanah)
C_p	= Koefisien empiris
d	= Diameter tiang
D	= Diameter atau sisi kelompok tiang
E_g	= Efisiensi kelompok tiang
E_p	= Modulus Elastis Tiang
E_s	= Modulus Elastis tanah
e	= Jarak dari titik beban horizontal ke permukaan tanah
f	= Jarak kedalaman tiang dimana gaya geser sama dengan nol
H_u	= Daya dukung lateral tiang
I_{ws}	= Faktor pengaruh
I_p	= Momen Inersia tiang
K	= Koefisien tanah untuk metode L.Decourt
K_0	= Koefisien tekanan tanah
K_p	= Koefisien tekanan tanah pasif
L_i	= Panjang lapisan tanah
m	= Jumlah baris tiang
M_y	= Momen maksimum yang dapat ditahan
N_{spt}	= Nilai N_{spt} pada elevasi dasar tiang
N_p	= Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang
N_c^*, N_q^*	= Faktor daya dukung tanah, untuk pondasi dalam
n	= Jumlah tiang dalam kelompok
n_h	= Koefisien reaksi subgrade
P	= Keliling tiang
Q_u	= Daya dukung ultimate
Q_p	= Daya dukung ujung tiang
Q_s	= Daya dukung selimut tiang
Q_a	= Beban maksimum tiang tunggal
Q_g	= Beban maksimum kelompok tiang
s	= Jarak pusat ke pusat tiang
S	= Penurunan total pondasi tiang
S_s	= Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal
S_p	= Penurunan akibat beban pada ujung tiang
S_{ps}	= Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang
S_g	= Penurunan kelompok tiang
σ'	= Tegangan efektif vertical
σ	= Tegangan total
θ	= \tan^{-1} dalam derajat
U	= Tekanan air pori
α	= Faktor adhesi

γ_w = Berat jenis air, 9.81
 γ = Berat jenis tanah
 μ_s = Angka poisson
 z = Tebal lapisan tanah

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan ekonomi saat ini mengiringi kemajuan pembangunan. Ketersediaan akan sarana infrastruktur yang ada di Indonesia sekarang ini semakin meningkat. Hal tersebut seiring dengan berjalannya waktu dan zaman yang semakin maju dan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat serta berkembang pesat. Dengan adanya pengadaan infrastruktur tersebut dapat menunjang kehidupan Negara Indonesia lebih maju dibandingkan dengan sebelumnya. Kereta Api merupakan salah satu alat transportasi massal yang umumnya terdiri dari lokomotif (kendaraan dengan tenaga gerak yang berlanjut sendiri) dan rangkaian kereta atau gerbong (dirangkaikan dengan kendaraan lainnya). Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relative lapang sehingga bias berisi penumpang maupun benda atau barang dalam skala besar. Karena sifatnya sebagai angkutan massal efektif, beberapa Negara berupaya memanfaatkannya secara maksimal sebagai alat transportasi utama angkutan darat di dalam kota, antarkota maupun antarnegara.

Pondasi yang digunakan pada pembangunan Jembatan Kereta Api Tebing Tinggi Araskabu Siantar ini adalah jenis pondasi tiang bor. Pilihan pondasi tiang bor ini menjadi pilihan yang tepat karena direncanakan sesuai dengan fungsi pembangunan transportasi untuk kepentingan umum masa layan yang cukup lama sehingga penting diketahui dan dibahas hal – hal apa saja yang menyangkut daya dukung dan penurunannya, agar dapat dipertimbangkan nilai kegunaannya berdasarkan factor keamanannya.

Pondasi adalah bagian dari suatu system rekayasa yang meneruskan beban yang di topang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (Bowles, 1997).

Secara umum permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pondasi dangkal. Untuk hal ini penulis mencoba mengkonsentrasikan Tugas Akhir ini pada perencanaan pondasi dalam, yaitu pondasi *bored pile*. Pondasi *bored pile* adalah suatu pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru

kemudian diisi dengan tulangan dan dicor. Daya dukung *bore pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan pada ujung tiang dan daya dukung gesek atau selimut (*friction bearing capacity*) diperoleh dari daya dukung gesek Antara *bored pile* dan tanah disekelilingnya.

Setelah kapasitas daya dukung aksial tiang pancang secara tunggal dihitung dengan metode analitik menggunakan persamaan Reese & Wreight dan Reese & O'Neil, maka berikutnya ialah memulai analisis daya dukung tiang *bored pile* menggunakan metode analitik yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tiang *bored pile* tunggal dan kelompok serta penurunannya (*settlement*).

Sebagai acuan dalam pemodelan pondasi agar mendapat daya dukung yang sesuai maka perlu dibandingkan Antara hasil perhitungan daya dukung tiang *bored pile* metode analitik dengan hasil uji PDA (*Pile Driving Analyzer*) untuk mendapatkan nilai daya dukung tiang *bored pile* yang sesuai dan lebih mendekati dengan daya dukung di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana disajikan di atas, maka permasalahan yang diperlukan untuk kajian adalah:

1. Bagaimana daya dukung Aksial dan Lateral tiang tunggal *bored pile* pada struktur pondasi Jembatan Kereta Api Tebing Tinggi KM 5+857 dengan analisis menggunakan analitik berdasarkan data SPT.
2. Berapa besar penurunan yang terjadi pada pondasi tiang tunggal Jembatan Kereta Api Tebing Tinggi KM 4+857.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini untuk menghindari luasnya permasalahan, untuk itu penulis membatasi pada:

3. Proyek pembangunan Jembatan Rel Kereta Api BH No.8 KM 4+857 Tebing Tinggi.
4. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di proyek Pembangunan Jembatan Kereta Api BH No.8 KM 4+857 Tebing Tinggi.
5. Perhitungan didasarkan atas data *Boring Log* yang ada.
6. Perhitungan daya dukung yang ditinjau pada tiang *bored pile*.

Perhitungan daya dukung dan penurunan (*settlement*) pada tiang tunggal dilakukan menggunakan metode analitik.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari kondisi di atas maka tujuan yang akan dicapai adalah:

1. Untuk mengetahui daya dukung ultimate pondasi tiang tunggal *bored pile* dari hasil SPT berdasarkan metode analitik.
2. Membandingkan hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal *bored pile* dengan hasil dari *Pile Driving Analyzer* (PDA).
3. Untuk mengetahui penurunan (*settlement*) pada tiang tunggal *bored pile* dengan metode analitik.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan berguna untuk:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan pada pembangunan pondasi tiang *bored pile*.
2. Mengetahui perbedaan metode analitik kapasitas daya dukung tiang dari data *standard penetration* (SPT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA).

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam studi ini, penulisan tugas akhir ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) sub bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Merupakan bingkai studi atau rancangan yang akan dilakukan meliputi latar belakang, perumusan masalah penelitian, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan kajian sebagai *literature* serta hasil studi yang relevan dengan pembahasan ini. Dalam hal ini diuraikan hal – hal mengenai jenis – jenis pondasi tiang *bored pile* dan beberapa metode perhitungan daya dukung pondasi dalam, serta beberapa parameter *soil investigation*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang metode – metode yang dipakai dalam penelitian ini, termasuk pengambilan data, langkah penelitian, analisa data, serta pemilihan wilayah penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan pada sub bab sebelumnya, dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Dalam pandangan Teknik Sipil tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan Antara butiran yang relative lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya (Hardiyatmo, 2008).

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di Antara partikel-partikel padat tersebut (Das, Braja M.1995).

Dalam bukunya Braja M Das (1995) menjelaskan ukuran dari partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar, tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil-separate-size limits*).

2.2 Pengertian Pondasi

Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ketanah atau batuan yang berada di bawahnya (Hardiyatmo,1996). Pondasi (*Foundation*) disebut juga pandemen (*Fundament*) dan disebut juga struktur bangunan bagian bawah (*Sub Structure*). Semua kontruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu system rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang

oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles,1977).

Dalam merencanakan suatu pondasi sangatlah dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain:

- a. Beban bangunan yang didukung.
- b. Jenis tanah dan daya dukungnya.
- c. Bahan penyusun pondasi.
- d. Alat dan tenaga kerja pembuat.
- e. Lokasi dan situasi pondasi yang dibuat.
- f. Biaya pembuatan pondasi.

Dalam merencanakan pondasi sebaiknya berdasarkan hasil investigasi penyelidikan tanah (*Soil Investigation*), yaitu suatu usaha penyelidikan tanah untuk mengetahui karakteristik tanah pada setiap lapisan, serta jenis dan kekuatan tanah tersebut. Dari hasil penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) dapat diketahui beberapa parameter tanah, antara lain:

- a. Jenis dan kekuatan tanah serta kedalamannya.
- b. Kedalaman dan muka air tanah.
- c. Perkiraan penurunan (*Settlement*) di kemudian hari.
- d. Perkiraan beban maksimum yang diijinkan.
- e. Dari data yang di dapat diharapkan dapat menentukan jenis pondasi yang akan digunakan.

Banyak cara dalam menentukan pemilihan pondasi yang akan digunakan antara lain beban yang direncanakan bekerja, jenis lapisan tanah dan faktor non-teknis seperti biaya konstruksi dan waktu konstruksi. Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D < B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

2.2.1 Klasifikasi Tanah

Struktur atas merupakan istilah yang biasa dipakai untuk menjelaskan bagian-bagian dari sistem rekayasa yang membawa beban kepada pondasi atau struktur dibawahnya. Istilah struktur atas mempunyai arti khusus untuk bangunan-bangunan dan jembatan-jembatan, akan tetapi, pondasi tersebut dapat juga hanya menopang mesin-mesin, mendukung peralatan industrial (pipa, menara, tangki), bertindak sebagai alas atau papan iklan dan sejenisnya. Karena sebab inilah maka lebih baik menggambarkan pondasi sebagai bagian dari satu system rekayasa pendukung beban yang mempunyai bidang antara (*interfacing*) terhadap tanah (Bowles, 1997: 1).

Pada umumnya pondasi dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal biasanya dibuat dekat dengan permukaan tanah, umumnya kedalam pondasi didirikan kurang 1/3 dari lebar pondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3 m. Pondasi dangkal biasanya digunakan ketika tanah permukaan yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan dimana jenis struktur yang didukungnya tidak terlalu berat dan tidak terlalu tinggi, pondasi dangkal umumnya tidak cocok dalam tanah kompresif yang lemah atau sangat buruk, seperti tanah urug dengan kepadatan yang buruk, pondasi dangkal juga tidak cocok untuk jenis tanah gambut, lapisan tanah muda dan jenis tanah deposito alluvial,dll. Pondasi dangkal juga digunakan bila bangunan yang berada di atasnya tidak terlalu besar. Pondasi ini juga bias dipakai untuk bangunan umum lainnya yang berada diatas tanah yang keras.

1. Persyaratan untuk pondasi dangkal, yaitu: kedalaman dan lebar pondasi ≤ 1
2. Daerah penyebaran struktur pondasi pada tanah dibawahnya (lapisan penyangga/bearingstratum) lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi.

Secara fisik umumnya pondasi dangkal berupa pondasi tapak dengan bentuk empat persegi panjang, bujur sangkar, atau lingkaran (setempat dan menerus). Menurut Ir. Rudy Gunawan: 1983, untuk pondasi bangunan rumah tinggal dan gedung bertingkat biasa (*ordinary low rise buildings*), karena berat bangunan relatif tidak besar, maka biasanya cukup digunakan pondasi dangkal yang disebut

pondasi langsung (*spread*) menjadi desakan yang lebih kecil daripada daya dukung tanah yang diizinkan.

Kedalaman pondasi langsung dangkal akan semakin murah dan mudah pelaksanaannya, tetapi ada beberapa faktor yang harus diperhatikan:

1. Dasar pondasi harus terletak dibawah lapisan tanah teratas (*“top-soils”*) yang mengandung humus/ bahan organik/ sisa tumbuh-tumbuhan.
2. Kedalaman tanah urug (*sanitary land fill*) atau tanah lunak (*“peat”, “muck”*).
3. Kedalaman muka air tanah.
4. Letak dan kedalaman pondasi bangunan lama yang berdekatan.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, maka kedalaman dasar pondasi langsung di Indonesia biasanya diletakkan antara 0.6 m sampai 3.0 m dibawah muka tanah.

Pondasi dangkal (pondasi langsung) menurut bentuk konstruksinya biasa dibagi menjadi empat macam:

1. Pondasi menerus (*continuous footing*)
2. Pondasi telapak (*individual footing*)
3. Pondasi kaki gabungan (*combined footing*)
4. Pondasi plat (*mat footing/ raft footing*) (Ir. Rudy Gunawan, 1983; Hal 10-11).

b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan pada permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dapat dijumpai dalam bentuk pondasi tiang pancang, dinding pancang, dan caissons atau pondasi kompensasi. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok didekat permukaan tanah dapat dihindari. Apabila lapisan atas berupa tanah lunak dan terdapat lapisan tanah yang keras yang dalam, maka dibuat pondasi tiang pancang yang dimasukkan kedalam sehingga mencapai tanah keras ($D_f/B > 10$ m), tiang–tiang tersebut disatukan oleh pile cap. Pondasi ini juga dipakai pada bangunan dengan bentangan yang cukup

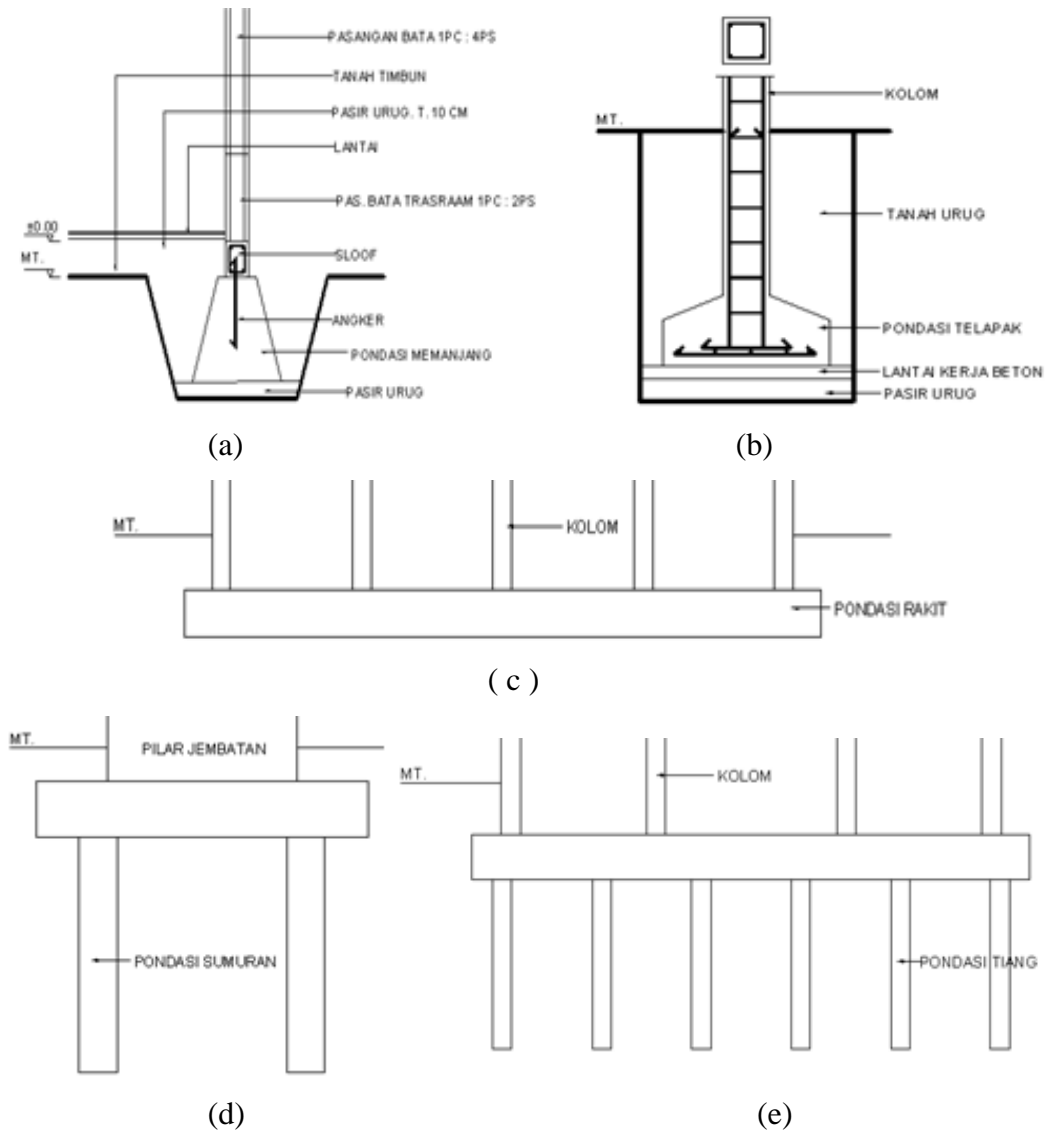
lebar (jarak antara kolom 6m) dan bangunan bertingkat. Yang termasuk dalam pondasi ini antara lain; pondasi tiang pancang, pondasi sumuran, pondasi bored pile, dan lain-lain.

Persyaratan stabilitas dan deformasi seperti :

1. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dan bawah pondasi, khusus untuk pondasi tapak dan rakit.
2. Kedalaman harus berada dibawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan, dan pertumbuhan tanaman.
3. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah.
4. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat didalam tanah.
5. Pergerakan tanah keseluruhan (umumnya penurunan) dan pergerakan diferensial harus dapat ditolelir oleh elemen pondasi dan elemen bangunan atas.

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti:

1. Pondasi sumuran (*pier foundation*) yaitu pondasi yang merupakan peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang (Gambar 2.1d), digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B) lebih besar 4 sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.
2. Pondasi tiang (*pile foundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam (Gambar 2.1e). Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran (Bowles, 1991).



Gambar 2.1: Macam-macam tipe pondasi : (a) Pondasi memanjang, (b) Pondasi telapak, (c) Pondasi rakit, (d) Pondasi sumuran, (e) Pondasi tiang (Hardiyatmo, 1996).

2.2.2 Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Pondasi tiang bor merupakan pondasi yang konstruksinya dengan cara memasukkan langsung beton segar ke dalam lubang yang telah dibor yang sebelumnya juga telah dimasukkan tulangan baja yang telah dirakit ke dalam lubang pengeboran sebelumnya. Pondasi tiang bor dapat disebut sebagai *nondisplacement* dikarenakan prosesnya tidak menyebabkan perpindahan tanah.

Keuntungan dan kerugian pondasi tiang bor menurut Hardiyatmo (2008) adalah sebagai berikut:

- a. Berdasar contoh tanah selama pengeboran dapat dipelajari kesesuaian kondisi tanah yang dijumpai dengan keadaan tanah dari *boring log* yang dilakukan pada waktu penyelidikan tanah.
- b. Diameter dan kedalaman lubang bor mudah divariasikan sehingga jika terjadi perubahan-perubahan dari rencana semula misalnya beban kolom berubah, kondisi tanah berbeda dengan penyelidikan tanah dapat segera dilakukan penyesuaian-penyesuaian.
- c. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkatan dan pemancangan.
- d. Dapat dipergunakan untuk segala macam kondisi tanah misalnya harus menembus oleh tiang pancang.
- e. Tiang bor memiliki kapasitas yang besar dalam satu tiang karena berdiameter dapat divariasikan sampai 1,50 m, sehingga lebih ekonomis untuk beban-beban kolom yang besar terutama untuk pondasi bangunan tinggi. Dalam arti, 1 tiang bor dapat menggantikan suatu kelompok tiang pancang sehingga *pile cap* yang diperlukan praktis lebih kecil dan ekonomis.
- f. Tidak diperlukan sambungan tiang terutama untuk tiang-tiang yang dalam dimana pada tiang pancang mempunyai panjang yang terbatas sehingga harus disambung dan titik sambungan biasanya merupakan titik-titik kelemahan selama pemancangan.

Kerugian-kerugian pondasi tiang bor:

- a. Air yang mengalir kedalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas daya dukung tanah terhadap tiang sehingga diperlukan pengendalian yang baik.
- b. Teknis-teknis pelaksanaan kadang sangat sensitive terhadap keadaan tanah yang dijumpai sehingga diperlukan personil-personil kerja yang betul-betul berpengalaman.
- c. Kekurangan pengalaman, pengetahuan dari masalah-masalah pelaksanaan dan metode perencanaan dapat menimbulkan masalah-masalah seperti keterlambatan pelaksanaan daya dukung yang tidak dipenuhi dan sebagainya.

- d. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
 - e. Karena makin besar diameter tiang bor yang direncanakan makin besar pula daya dukungnya sehingga diperlukan *loading test*, biayanya menjadi lebih mahal.
 - f. Kondisi tanah di kaki tiang seringkali rusak akibat proses pengeboran. Adanya endapan tanah dari runtuhannya dinding lubang bor atau sedimentasi lumpur menjadikan daya dukung ujung dari tiang bor tidak dapat diandalkan
- Penyelesaian pondasi tiang bor memerlukan waktu yang cukup lama dikarenakan harus menunggu proses kesiapan pengujian beton pengecoran pondasi.

2.2.3 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor

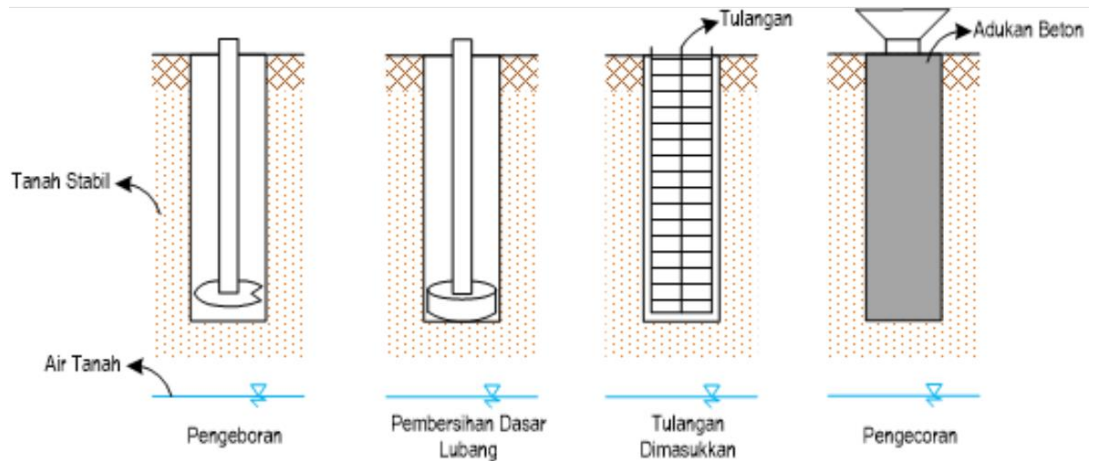
Pada saat ini ada tiga metode dasar pengeboran (variable-variabel tempat proyek mungkin juga memerlukan perpaduan beberapa metode), yaitu:

a. Metode Kering (*Dry Hole Method*)

Cara ini sesuai dengan jenis tanah kohesif dan pada tanah dengan muka air tanah yang berada pada kedalaman di bawah dasar lubang bor atau jika permeabilitas tanahnya sangat kecil, sehingga pengecoran beton dapat dilakukan sebelum pengaruh air kecil.

Pada metode kering yang pertama dilakukan adalah sumuran digali (dan dasarnya dibentuk lonceng jika perlu). Kemudian sumuran diisi sebagian dengan beton dan kerangka tulangan dipasang dan setelah itu sumuran telah selesai dikerjakan. Kerangka tulangan tidak boleh dimasukkan sampai mencapai dasar sumuran karena diperlukan pelindung beton minimum, tetapi kerangka tulangan diperpanjang sampai akhir mendekati kedalaman penuh dari pada hanya mencapai kira – kira setengahnya saja.

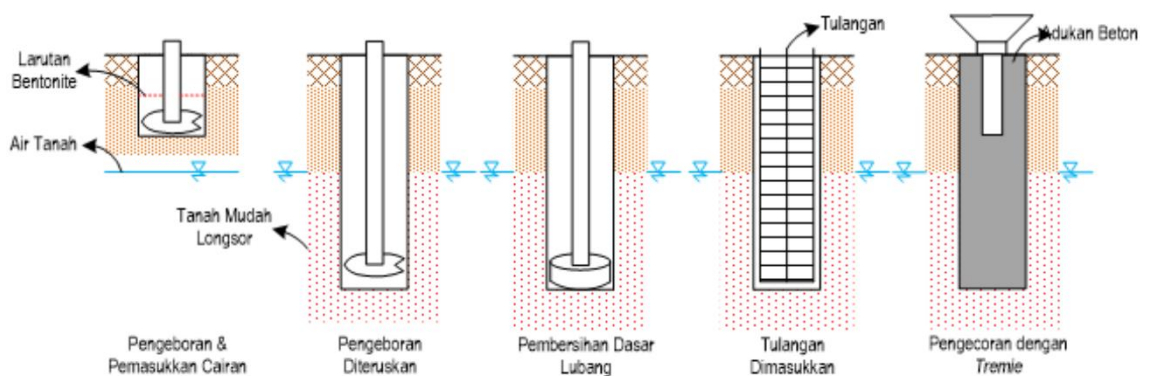
Metode ini membutuhkan tanah tempat proyek yang tak berlekuk (kohesif) dan permukaan air di bawah dasar sumuran atau jika permeabilitasnya cukup rendah, sumuran bila digali (mungkin juga dipompa) dan dibeton sebelum sumuran terisi air cukup banyak sehingga bias mempengaruhi kekuatan beton. Rangkaian pelaksanaan dapat dilihat seperti pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Langkah Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Metode Kering
(Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

b. Metode Basah

Metode basah umumnya dilakukan bila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor biasanya longsor bila dindingnya tidak ditahan. Agar lubang tidak longsor, di dalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung atau polimer, jadi pengeboran dilakukan dalam larutan. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan bentonite (*polimey*). Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa treime, larutan bentonite akan terdesak dan terangkat ke atas oleh adukan beton. Larutan yang keluar dari lubang bor, ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.



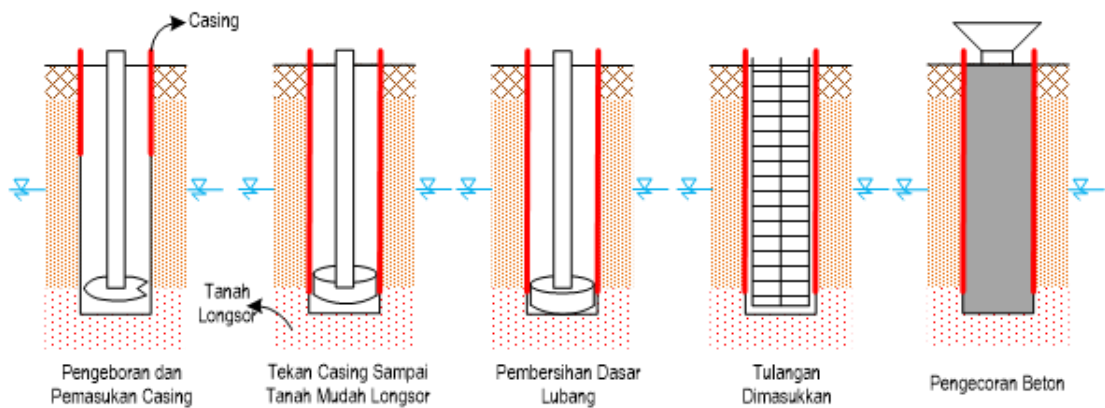
Gambar 2.7 Langkah Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Metode Basah
(Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

c. Metode *Casing*

Casing diperlukan karena tanah (*caving*) atau deformasi lateral dalam lubang bor dapat terjadi. Perlu dicatat bahwa *slurry* perlu dipertahankan sebelum *casing* masuk. Dalam kondisi tertentu, *casing* harus dimasukkan dengan menggunakan alat penggetar (*vibrator*).

Pengguna *casing* harus cukup panjang dan mencakup seluruh bagian tanah yang dapat runtuh akibat penggalian dan juga diperlukan bila terdapat tekanan artesis. *Casing* juga dibutuhkan pada pengecoran di atas tanah atau di tengah-tengah air, misalnya pada pondasi untuk dermaga atau jembatan.

Pada metode ini, *casing* dipakai pada proyek yang mungkin terjadi lekukan atau deformasi *lateral* yang berlebihan terhadap rongga sumur (*sharf cavity*). Perlu kita ingat bahwa sebelum *casing* dimasukkan, suatu adonan spesi encer (*slurry*) digunakan untuk mempertahankan lubang. Setelah *casing* dipasang, adonan dikeluarkan dan sumur diperdalam hingga pada kedalaman yang diperlukan dalam keadaan kering. Bergantung pada kebutuhan *site* dan proyek, sumuran di bawah *casing* akan dikurangi paling tidak sampai ID *casing* kadang-kadang 25 sampai 50 mm kurangnya untuk jarak ruang bor tanah (*auger*) yang lebih baik.



Gambar 2.8 Langkah Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Metode *Casing*
(Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

2.3 Penyelidikan Tanah di Lapangan

Penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui kekuatan lapisan

tanah/sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan suatu pondasi bangunan, kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat korosivitas tanah,

Penyelidikan tanah dilapangan adalah suatu kegiatan penyelidikan tanah yang dalam proses kegiatan penyelidikannya dilakukan langsung diatas tempat yang akan didirikan suatu bangunan. Penyelidikan tanah dilapangan biasanya untuk mengetahui daya dukung tanah secara langsung, mengetahui posisi muka air tanah dan menentukan besarnya penurunan (*settlement*), dll.

Ada beberapa jenis *soil investigation* yang ada dalam penyelidikan tanah dilapangan antara lain:

2.3.1 Pemboran (*Driling*)

Pemboran dalam penyelidikan tanah sangatlah penting karena dengan melakukan pengeboran kita dapat mengetahui lapisan-lapisan tanah yang ada di bawah lokasi tempat didirikannya bangunan. Melalui pemboran ini juga dapat diketahui parameter tanah pada setiap lapisan yang selanjutnya akan diuji di laboratorium.

2.3.2 Pengujian Penetration

Dilakukan untuk mengetahui daya dukung tanah secara langsung dilapangan. Pengujian penetrasi ini dilakukan dengan dua metode, yaitu:

a. Metode pengujian statis

Metode pengujian statis umumnya dilakukan dengan alat sondir (*Dutch Static Penetrometer*) yaitu berupa konus pada ujung alat sondir yang ditekan masuk kedalam lapisan tanah. Besar gaya yang diperoleh diukur dengan alat pengukur tekanan (*Manometer gauge*) yang menunjukkan nilai tahanan konus dalam kg/cm^2 . Nilai konus yang diperoleh adalah nilai dari kepadatan relative (*relative density*) dari lapisan-lapisan tanah yang diukur.

b. Metode pengujian dinamis

Metode pengujian dinamis dilakukan dengan alat SPT (*Standard Penetration Test*), cara kerjanya adalah tabung silinder contoh standar dipukul masuk kedalam tanah menggunakan alat penumbuk seberat 140 pound (63,5 Kg) yang

dijatuhkan dari ketinggian 30 inchi (76 cm) yang dihitung sebagai nilai N dengan satuan pukulan per kaki (*Blows per foot*).

Pengujian dengan metode penetrasi statis lebih sesuai digunakan di Indonesia yang lapisan tanahnya terdiri dari lapisan tanah pasir/lanau atau lempung lunak. Hasil metode penetrasi statis biasanya hasilnya lebih tepat daripada hasil pengujian penetrasi dinamis (SPT).

2.3.3 Pengujian PDA

Pile Driving Analyzer Test atau sering disingkat PDA Test adalah suatu system pengujian dengan menggunakan data digital computer yang diperoleh dari strain transducer dan accelerometer untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan palu/hammer yang digunakan 1% - 2% dari kapasitas desain load tiang yang direncanakan.

Adapun hasil yang didapat dari PDA test adalah:

- a. Kapasitas daya dukung tiang.
- b. Nilai keutuhan tiang.
- c. Pemurunan/*displacement* tiang.
- d. Efisiensi dari transfer energy pukulan palu/hammer terhadap tiang.

Pada umumnya, pengujian dengan metode PDA dilaksanakan setelah tiang mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tumbukan hammer/palu atau umur tiang telah mencapai 28 hari. Adapun metode dalam melaksanakan PDA Test adalah sebagai berikut:

Pekerjaan

1. Pekerjaan Persiapan, meliputi:
 - Penggalan tanah sekeliling kepala tiang apabila kepala tiang rata dengan permukaan tanah.
 - Perapian kepala tiang agar rata, simetris dan tegak lurus.
 - Pemasangan instrument strain transducer dan accelerometer dengan cara dibor pada sisi tiang dan saling tegak lurus dengan jarak minimal 1,5 x diameter kepala tiang.
 - Masukkan nilai kalibrasi strain transducer dan accelerometer kemudian periksa koneksitas peralatan pengujian secara keseluruhan.

- Masukkan data tiang dan palu pada PDA-PAX. Data tiang seperti nomor identifikasi tiang, tanggal pemancangan tiang, luas penampang tiang, panjang tiang yang digunakan serta panjang tiang yang tertanam. Data palu adalah berat palu yang digunakan.
 - Lakukan pengecekan ulang untuk memastikan pengujian telah siap dilakukan.
2. Pekerjaan Pengujian, meliputi:
- Palu diangkat setinggi 1,5 – 2 m dengan menggunakan alat crane lalu dijatuhkan ke kepala tiang. Posisi palu saat dijatuhkan harus tegak lurus agar energy yang ditransferkan oleh palu ke tiang bias maksimum.
 - Setelah palu dijatuhkan ke kepala tiang, didapat variable tiang yang diuji seperti kapasitas daya dukung tiang (RMX), energy , displacement / penurunan maksimum tiang (DMX), dan nilai keutuhan tiang (BTA).
 - Setelah pengujian dilaksanakan , dilakukan analisa lebih lanjut dengan Metode Case Pile Wave Analysis Program (CAPWAP) untuk memperoleh load transfer tiang, perilaku tanah di sekeliling tiang.
 - Hasil pengujian beban maksimum harus 200 % dari beban rencana/desain load.

Nilai tegangan tekan yang terjadi (CSX) merupakan suatu indicator besar tegangan tekan yang terjadi di kepala tiang, dan nilai tegangan tarik yang terjadi (TSX) merupakan indicator tegangan tarik yang terjadi saat pengujian dilakukan. Nilai keutuhan/ integritas tiang uji (BTA) dinyatakan dalam persen dan nilai 100% memberikan indicator keutuhan tiang uji yang bagus. Jika nilai keutuhan tiang tidak mencapai 100% berarti pada tiang tersebut terjadi retak/crack atau patah.

2.4 Kapasitas Daya Dukung

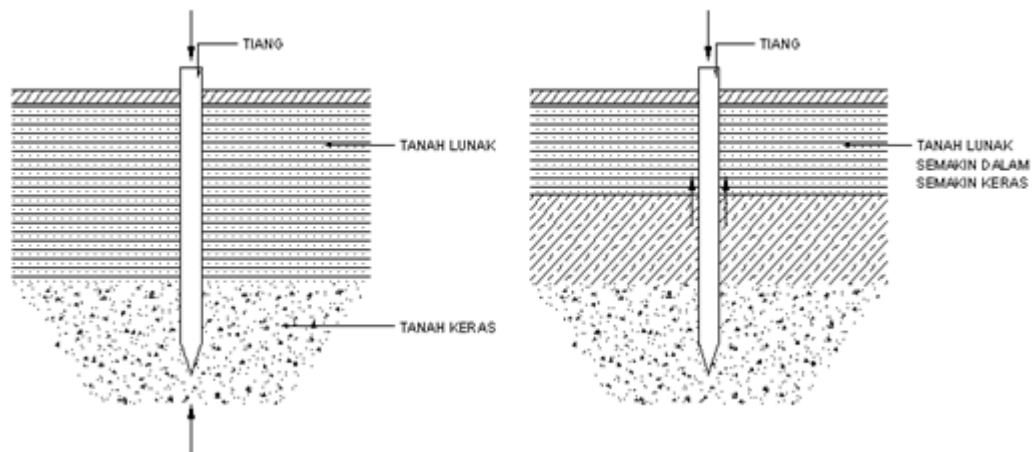
2.4.1 Daya Dukung Ujung Dan Tiang Gesek

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam (Hardiyatmo, 2002), yaitu:

1. Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada

dalam zona tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang.

2. Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek Antara dinding tiang dan tanah disekitarnya (Gambar). Tahanan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah dibawahnya diperhitungkan pada hitungan kapasitas daya dukung tiang pada proyek pembangunan jembatan kereta api BH No.8 km 5+587 Tebing Tinggi dihitung berdasarkan data NSPT menggunakan metode *Reese & Wreight* dan *Reese & O'Neil*.



Gambar 2. Tahanan Ujung dan Tahanan Gesek Pada Tiang Bor

2.4.2 Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperoleh untuk membagi kapasitas ultimit dengan factor aman tertentu.

- Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan $d < 2$ m

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (2.1)$$

- Untuk dasar tiang tanpa pembesaran dibagian bawah

$$Q_a = \frac{Q_u}{2} \quad (2.2)$$

2.4.3 Kapasitas Daya Dukung Tiang *Bored Pile* Dari Hasil SPT

Standard Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan dplit spoon kedalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan relative (relative density), sudut geser tanah (Φ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N).

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

A. Metode Reese & Wreight

1. Daya dukung ujung pondasi tiang bor pile (end bearing), (Reese & Wreight, 1977).

Untuk tanah non kohesif:

$$Q_p = 7 \cdot N \cdot A_p \quad (2.3)$$

Dimana:

A_p = Luas penampang tiang bor, m^2 .

N_{spt} = Nilai N_{spt} pada elevasi dasar tiang, KN/m^2 .

Q_p = Daya dukung ujung tiang, ton.

Koefien perlawanan ujung tiang yang dianjurkan 7.

Untuk tanah kohesif:

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p \quad (2.4)$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10 \quad (2.5)$$

Keterangan:

N_{spt} = Rata-rata N_{spt} dari 10D sampai 4D

C_u = Undrained shear strength

Q_p = Daya dukung ujung tiang (T)

A_p = Luas penampang (m^2)

2. Daya dukung selimut tiang bor pile (skin friction), (Reese & Wreight, 1977).

Pada tanah non kohesif:

$$Q_s = 0,2 \cdot N_{spt} \cdot \text{Parimeter} \cdot L_i \quad (2.6)$$

Pada tanah kohesif:

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot P \cdot L \quad (2.7)$$

Dimana:

L_i = Panjang lapisan tanah, m

p = K

Q_s = Daya dukung selimut tiang, ton.

α = Faktor adhesi

- berdasarkan penelitian Reese & Wreight (1977) $\alpha = 0,55$

- Metode Kulhaway (1984), berdasarkan Grafik Undrained Shearing Resistance vs. Adhesion Factor.

C_u = Kohesi tanah, ton/m²

B. Metode Reese & O'Neil 1989

Menurut Reese & O'Neil (1989) daya dukung ultimate tiang bor dinyatakan dengan:

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (2.8)$$

1. Daya dukung ujung pondasi tiang bor (end bearing), (Reese & O'Neil, 1989).

Untuk tanah non kohesif:

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p \quad (2.9)$$

Dimana:

A_p = Luas penampang tiang bor, m².

C_u = Kohesi tanah, ton/m².

Untuk tanah kohesif:

$$Q_p = 7 \cdot N' \cdot A_p \quad (2.10)$$

Dimana :

N' = Rata-rata N_{spt} dari 10D sampai 4D

2. Daya dukung selimut tiang bor pile (skin friction), (Reese & O'Neil, 1989).

Untuk tanah non kohesif:

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot P \cdot L \quad (2.11)$$

Untuk tanah kohesif:

$$Q_s = 0,32 \cdot N \cdot P \cdot L \quad (2.12)$$

2.4.4 Penurunan Pada Tiang Tunggal

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*Settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air didalam tanah tersebut.

Rumus perhitungan tiang tunggal :

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (2.13)$$

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) L}{A_p \cdot E_p} \quad (2.14)$$

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p} \quad (2.15)$$

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_p}{P.L} \right) \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws} \quad (2.16)$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (2.17)$$

Dimana :

S = Penurunan total pondasi tiang.

S_s = Penurunan akibat deformasi axial.
tiang tunggal.

S_p = Penurunan akibat beban pada ujung tiang.

S_{ps} = Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang.

Q_p = Daya dukung ujung tiang.

Q_s = Daya dukung selimut tiang.

L = Panjang tiang.

A_p = Luas ujung tiang bawah.

E_p = Modulus elastisitas material tiang.

α = 0,5 untuk distribusi gesekan seragam atau parabolic sepanjang tiang.

α = 0,3 untuk distribusi gesekan berbentuk segitiga.

C_p = Koefisien empiris.

D = Diameter tiang.

Q_p = Daya dukung batas ujung tiang.

P = Keliling penampang tiang.

E_s = Modulus elastisitas tanah.

μ_s = Angka poisson.

I_{ws} = Faktor pengaruh.

Tabel 2.5: Nilai koefisien C_p .

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Lempung	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Lanau	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

Tabel 2.6: angka Poisson (μ).

Jenis Tanah	μ
Lempung Jenuh	0,4 -0,5
Lempung Tak Jenuh	0,1 -0,3
Lempung Berpasir	0,2 -0,3
Lanau	0,3 -0,35
Pasir Padat	0,2 -0,4
Pasir Kasar (angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,15
Pasir Halus (angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,25
Batu (tergantung dari jenisnya)	0,1 -0,4
Loose	0,1 -0,3

Tabel 2.7: Modulus Elastisitas Tanah (E_s).

Jenis Tanah	E_s (KN / m ²)
Lempung	
Sangat Lunak	300 - 3000
Lunak	2000 - 4000
Sedang	4500 -9000
Keras	7000 - 20000
Berpasir	30000 - 42500
Pasir	

Berlanau	5000 - 20000
Tidak Padat	10000 - 25000
Padat	50000 - 100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000 - 200000
Tidak Padat	50000 - 140000
Lanau	2000 - 20000
Loess	15000 - 60000
Serpih	140000 - 1400000

2.4.5 Penurunan Yang Diijinkan

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis, tinggi, kekakuan, dan fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan strukturnya oleh pengaruh rangkak (*creep*). Oleh karena itu, dengan alasan tersebut, kriteria penurunan pondasi pada tanah pasir dan pada tanah lempung berbeda.

Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu:

$$S_{total} \leq S_{ijin} \quad (2.18)$$

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

Dimana ;

D = Diameter Tiang

2.5 Beban Lateral

Beban lateral merupakan beban yang memiliki arah horizontal. Beban-beban yang memiliki arah horizontal contohnya adalah beban angin, beban gempa, tekanan arah lateral, beban hempasan ombak atau kapal pada sisi struktur bangunan, dan lain-lain.

Beban lateral yang diterima oleh fondasi tiang akan bergantung pada struktur bangunan yang akan meneruskan gaya lateral yang diterima ke kolom bagian paling bawah dari upper struktur dan diteruskan pada kelompok tiang fondasi.

2.5.1 Metode Broms

Metode perhitungan ini menggunakan diagram tekanan tanah yang disederhanakan dengan menganggap bahwa sepanjang kedalaman tiang reaksi atau tahanan tanah mencapai nilai ultimate. Berikut ini adalah beberapa keuntungan menggunakan metode Broms:

- a. Dapat digunakan pada tiang panjang maupun tiang pendek.
- b. Dapat digunakan pada kondisi kepala tiang terjepit maupun bebas.

Selain itu ada pula beberapa kerugian dalam penggunaan metode Broms, diantaranya yaitu:

- a. Hanya berlaku untuk lapisan tanah yang homogen, yaitu tanah kohesif saja atau tanah non-kohesif saja.
- b. Tidak dapat digunakan pada tanah berlapis.

Broms membedakan antara perilaku tiang pendek (kaku) dan panjang (elastis) serta membedakan kondisi kepala tiang dalam keadaan bebas (*free head*) dan kepala tiang terjepit (*fixed head*).

2.5.2 Menentukan Tiang Panjang atau Tiang Pendek

Untuk tiang dalam tanah kohesif pengkaitan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan factor tak berdimensi βL menurut Broms adalah sebagai berikut:

$$\beta = \left(\frac{k_h \cdot d}{4 \cdot E_p \cdot I_p} \right)^{1/4} \quad (2.19)$$

$$K_h = \left(\frac{k_1}{1.5} \right) \quad (2.20)$$

Syarat penentuan tiang panjang atau pendek:

- Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 1.5$
- Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 0.5$

- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

Untuk mengetahui jenis tiang termasuk tiang pendek atau tiang panjang, dilakukan perhitungan karakteristik panjang system tiang (R) sebagai berikut:

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \cdot I_p}{k}} \quad (2.21)$$

Sedangkan untuk tanah lempung terkonsolidasi normal dan tanah granular, modulus tanah dianggap tidak konstan bertambah secara linear dengan kedalamannya. Dengan T sebagai berikut:

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \cdot I_p}{n \cdot h}} \quad (2.22)$$

Dimana:

- E_p = Modulus elastis tiang (KN/m²)
- I_p = Momen Inersia tiang (m⁴)
- nh = Koefisien modulus variasi (KN/m³)
- kh = Modulus reaksi Subgrade (KN/m³)
- d = Diameter tiang (m)

Metode Broms (1964) dapat digunakan untuk menghitung tahanan maksimum akibat gaya lateral baik rigid piles maupun long piles yang berada pada lapisan tanah homogen dan murni berupa tanah kohesif atau granular. Untuk tiap panjang dalam tanah granular:

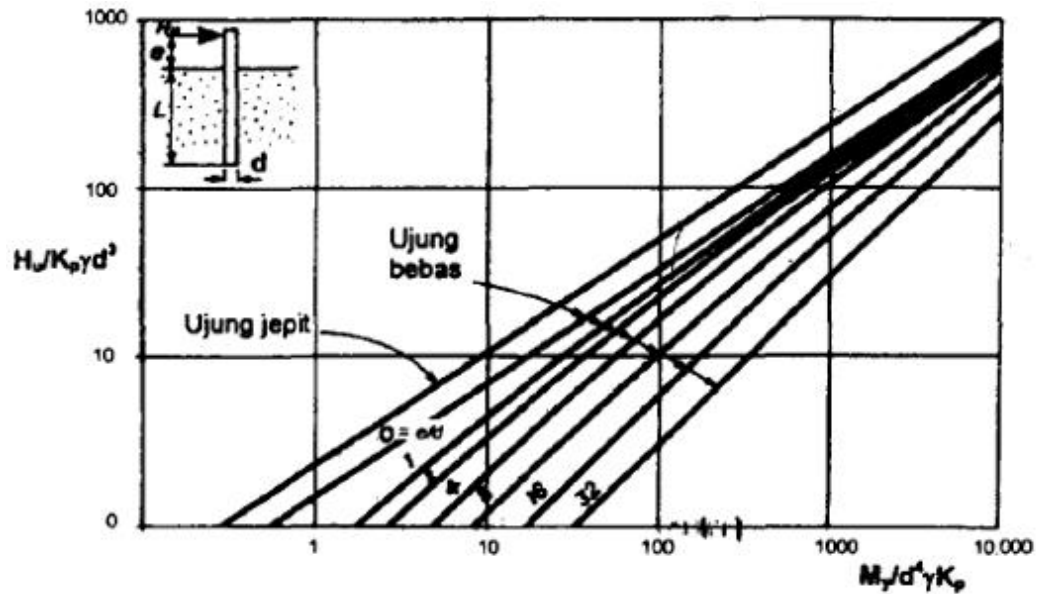
$$H_u = \frac{2my}{e + \frac{2 \cdot f}{3}} \quad (2.23)$$

$$F = 0.82 \sqrt{\frac{H_u}{d \cdot k_p \cdot \gamma}} \quad (2.24)$$

Dimana:

- H_u = Daya dukung lateral tiang (KN)

- M_y = Momen maksimum yang dapat ditahan (KN.M)
 γ = Berat volume tanah (KN/m³)
 d = Diameter tiang (m)
 e = Jarak dari titik beban horizontal ke permukaan tanah (m)
 K_p = Koefisien tekanan tanah pasif
 f = Jarak kedalaman tiang dimana gaya geser sama dengan nol (m)



Gambar 2.9: Tahanan lateral ultimit pada tanah granular untuk tiang panjang (Hardiyatmo,2008).

Nilai H_u juga dapat diperoleh dengan menggunakan grafik.

Defleksi Tiang:

$$\alpha = \left(\frac{nh}{E_p \cdot I_p} \right)^{1/5} \quad (2.25)$$

Dimana:

nh = Koefisien reaksi subgrade (KN/m³)

E_p = Modulus Elastis tiang (KN/m²)

I_p = Momen Inersia tiang (m⁴)

- Tiang pendek jika $\alpha L < 2$,

$$\text{Defleksi tiang: } Y_0 = \left(\frac{2h}{L^2 \cdot n \cdot h} \right) \quad (2.26)$$

- Tiang panjang jika $\alpha L < 4$,

$$\text{Defleksi tiang: } Y_0 = \left(\frac{0,93 \cdot h}{(n \cdot h)^{3/5} (E_p \cdot I_p)^{2/5}} \right) \quad (2.27)$$

Dimana:

H = Beban Lateral (KN)

L = Panjang tiang (m)

nh = Koefisien reaksi subgrade (KN/m³)

Ep = Modulus Elastis tiang (KN/m²)

Ip = Momen Inersia tiang (m⁴)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Umum

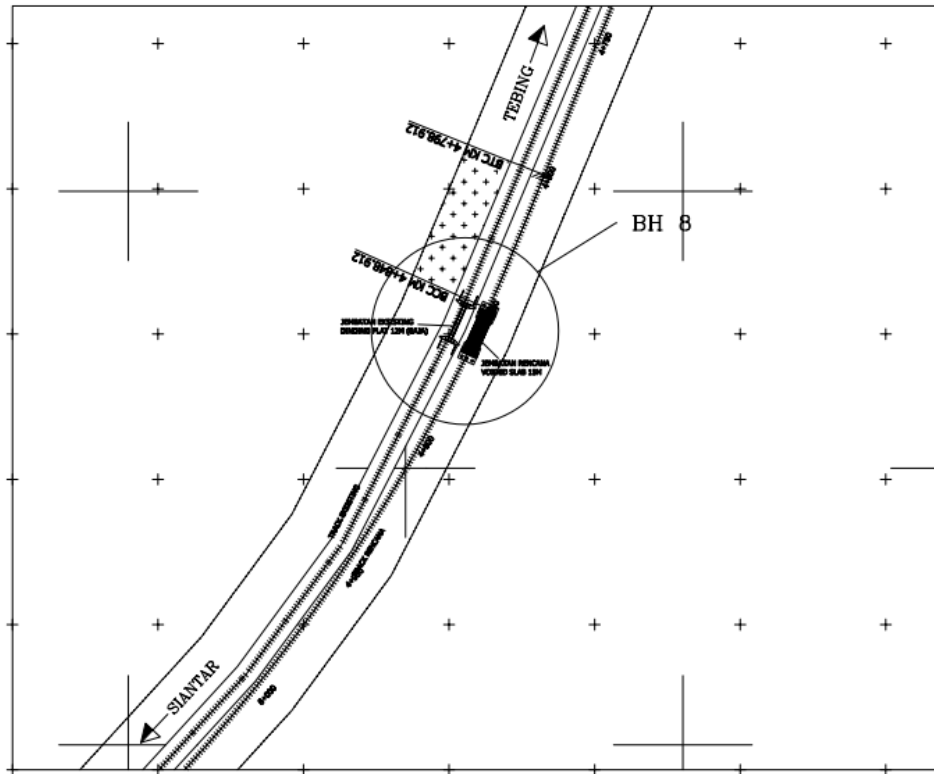
Data umum dari proyek pembangunan Jembatan Kereta Api BH No.8 KM 4+857 adalah sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Pembangunan Jembatan Kereta Api Antara Araskabu-Tebing Tinggi Lintas Medan-Tebing Tinggi dan Araskabu Tebing Tinggi Lintas Tebing Tinggi-Siantar
2. Lokasi Proyek : Tebing Tinggi-Siantar (JAS-1)
3. Pemilik Proyek : Balai Teknik Perkeretaapian Sumatera Bagian Utara
4. Konsultan Supervisi : PT. Intimulya Multi Kencana
5. Kontraktor Utama : PT. Eka Surya Alam
- Peta Lokasi : Gambar 3.1

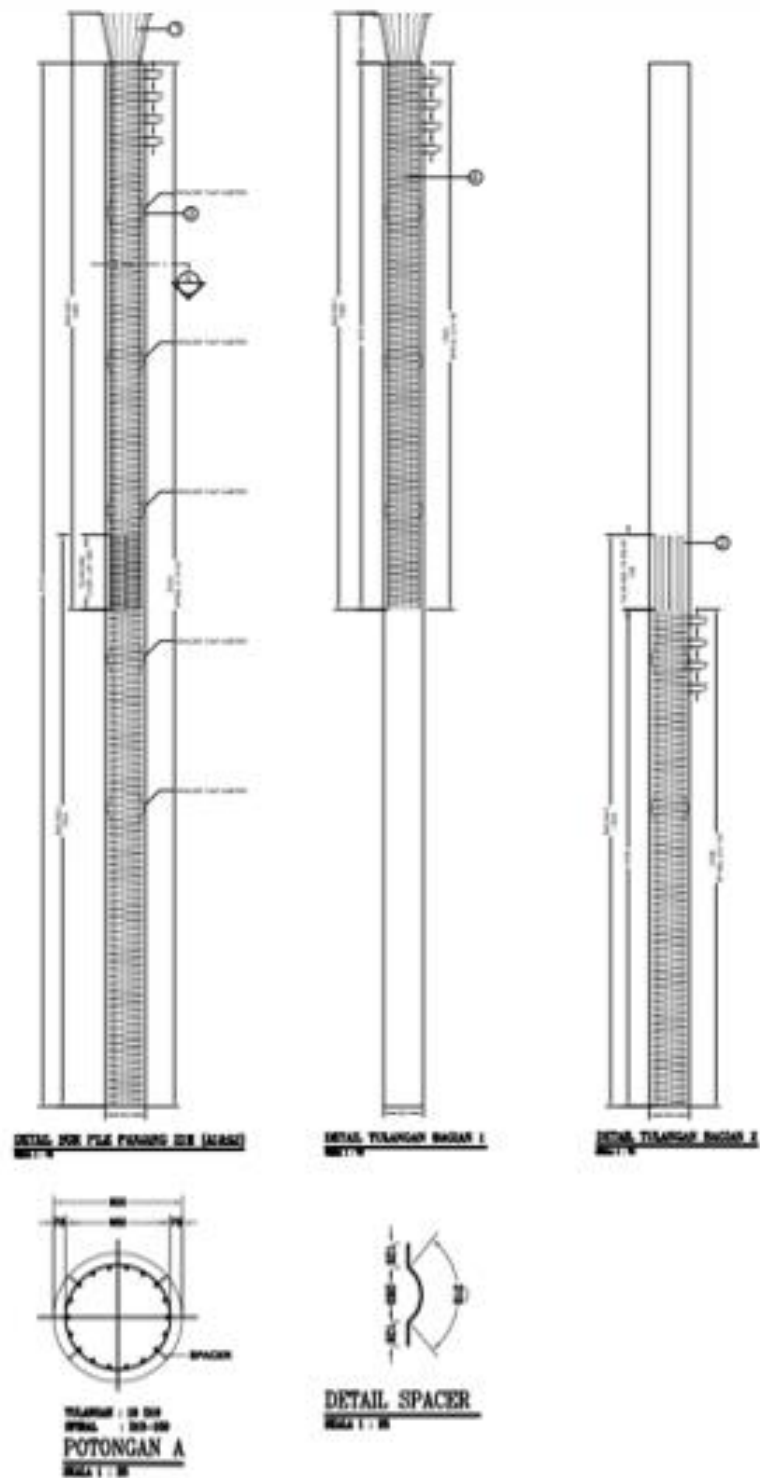
3.2 Data Teknis Tiang *Bored Pile*

Data ini diperoleh dari pihak kontraktor dengan data sebagai berikut:

1. Panjang Tiang *Bored Pile* : 21 m
2. Dimensi Tiang *Bored Pile* : 80 cm
3. Mutu Beton Tiang *Bored Pile* : K350
4. Mutu Baja : Bj.Td 40
5. Diameter Tulangan : D19
6. Detail Tiang *Bored Pile* : Dapat dilihat pada Gambar 3.2
7. Detail Data SPT : Dapat dilihat pada Tabel 3.1



Gambar 3.1 Peta Lokasi



Gambar 3.2 : Detail Pondasi Tiang *Bored Pile*.

Adapun data tanah hasil uji spt pada proyek pembangunan jembatan keret api Tebing Tinggi – Siantar dapat dilihat pada Tabel 3.1 :

Tabel 3.1 : Data Hasil Uji Pengeboran (BH1).

Depth	Jenis Tanah	N-SPT
1.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1
2.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1
3.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1
4.00	Clay sand,consistency low,plastis low,low,blue blacked	1
6.00	Clay sand,consistency low,plastis low,low,blue blacked	5
8.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	5
10.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	13
12.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	58
14.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60
16.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60
18.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60
20.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60
22.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60
24.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60

Tabel 3.2 : Data Hasil Pengeboran (BH2).

Depth	Jenis tanah	N-SPT
1.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1
2.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1
3.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1
4.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1
6.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	3
8.00	Sand,consistency medium,plastisity low,water content low,greys	24
10.00	Sand,consistency medium,plastisity low,water content low,greys	29
12.00	Sand,consistency medium,plastisity low,water content low,greys	37
14.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,greys	60
16.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,greys	60
18.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,greys	60
20.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,greys	60
22.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,greys	60
24.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,greys	60
26.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,greys	60

3.3 Metode Pengumpulan Data

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi Tiang *Bored Pile* pada proyek pembangunan Jembatan Kereta Api ini penulis memperoleh data antara lain dari Kontraktor Pelaksana PT.Eka Surya Alam diperoleh berupa:

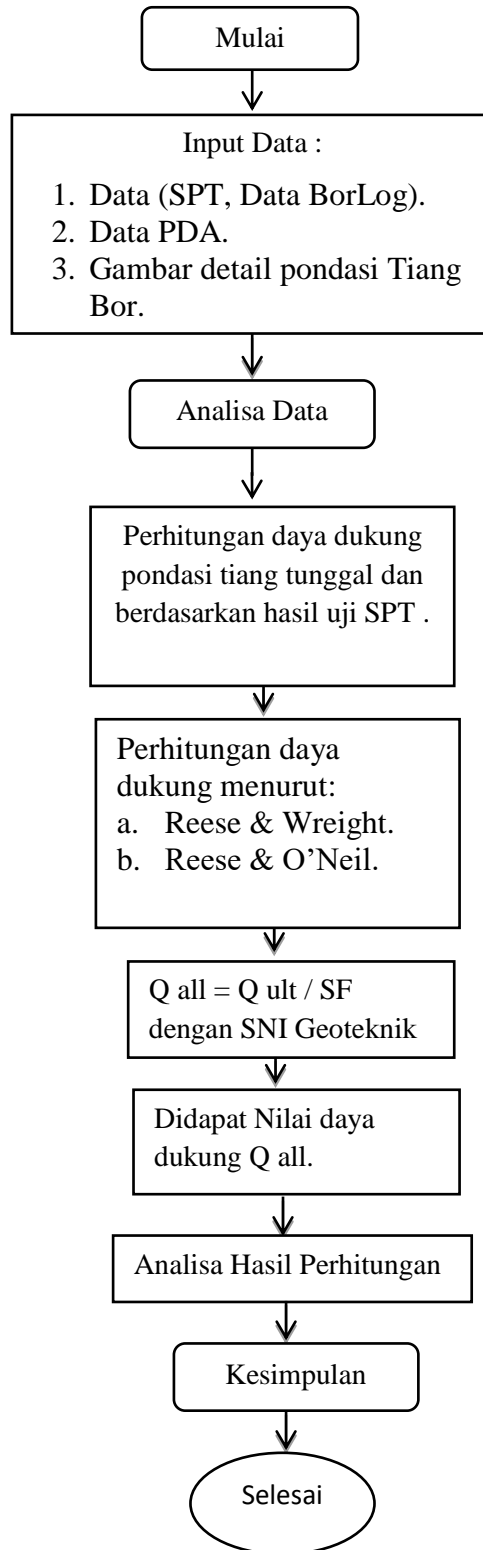
1. Data *Boring Log*
2. Data PDA, dan
3. Gambar Struktur

3.4 Tahapan Penelitian

Dalam perhitungan perencanaan pondasi Tiang *Bored Pile* ini penulis melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung kapasitas daya dukung Tiang *Bored Pile* antara lain:
2. Menghitung kapasitas kelompok tiang berdasarkan efisiensi dengan metode *Converse-Labarre Formula*.
3. Menghitung penurunan tiang tunggal (*single pile*), penurunan kelompok tiang (*pile group*) dan penurunan izin.

Keseluruhan kegiatan studi ini dapat di jabarkan ke bagan alir penelitian pada Gambar sebagai berikut:



Gambar 3.3: Bagan alir penelitian.

3.5 Perhitung Daya Dukung Ultimate Tiang Tunggal

Adapun hasil perhitungan daya dukung ultimate tiang tunggal dari hasil analisis menggunakan metode analitik dapat dilihat pada table.

a. Daya dukung ultimate tiang tunggal dari data SPT metode Reese & Wreight

Tipe Pondasi : *Concrete Pile*

Dimensi : 0.8 m

Area : 0.50 m²

Parimeter : 2.51 m

Kedalaman Pondasi ; 21 m

Tabel 3.3 : Daya dukung ultimate metode Reese & Wreight titik BH 1

Depth	Jenis Tanah	N	N'	cu (KN/m ²)	α	Skin Friction		End Bearing	Qult
						Local	Cumm		
1.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	9.21	9.21	30.14	39.35
2.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	18.42	27.63	30.14	57.78
3.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	27.63	55.26	30.14	85.41
4.00	Clay sand,consistency low,plastis low,low,blue blacked	1	1.00	6.67	0.55	36.84	92.11	30.14	122.25
6.00	Clay sand,consistency low,plastis low,low,blue blacked	5	1.80	33.33	0.55	276.32	368.43	150.72	519.15
8.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	5	2.33	0.00	0	20.10	388.52	8.21	396.73
10.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	13	3.86	0.00	0	65.31	453.83	13.56	467.40
12.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	58	10.63	0.00	0	349.67	803.51	37.37	840.87
14.00	Sand,consistency high,plastis low,low,grey	60	16.11	0.00	0	422.02	1225.52	56.66	1282.18
16.00	Sand,consistency high,plastis low,low,grey	60	20.50	0.00	0	482.30	1707.83	72.09	1779.92
18.00	Sand,consistency high,plastis low,low,grey	60	24.09	0.00	0	542.59	2250.42	84.72	2335.14
20.00	Sand,consistency high,plastis low,low,grey	60	27.08	0.00	0	602.88	2853.30	95.25	2948.54
22.00	Sand,consistency high,plastis low,low,grey	60	29.62	0.00	0	663.17	3516.47	104.15	3620.62
24.00	Sand,consistency high,plastis low,low,grey	60	31.79	0.00	0	723.46	4239.92	111.78	4351.71

Tabel 3.4 : Daya dukung ultimate metode Reese & Wreight titik BH 2

Depth	Jenis tanah	N	N'	cu (KN/m ²)	α	Skin Friction		End Bearing	Qult
						Local	Cumm		
1.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	9.21	9.21	30.14	39.35
2.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	18.42	27.63	30.14	57.78
3.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	27.63	55.26	30.14	85.41
4.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	36.84	92.11	30.14	122.25
6.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	3	1.40	20.00	0.55	165.79	257.90	90.43	348.33
8.00	Sand,consistency medium,plastisity low,water content low,grey	24	5.17	0.00	0	96.46	354.36	18.17	372.53
10.00	Sand,consistency medium,plastisity low,water content low,grey	29	8.57	0.00	0	145.70	500.06	150.72	650.78
12.00	Sand,consistency medium,plastisity low,water content low,grey	37	12.13	0.00	0	223.07	723.12	42.64	765.76
14.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	17.44	0.00	0	422.02	1145.14	61.35	1206.49
16.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	21.70	0.00	0	482.30	1627.44	76.31	1703.76
18.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	25.18	0.00	0	542.59	2170.03	88.56	2258.59
20.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	28.08	0.00	0	602.88	2772.91	98.76	2871.68
22.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	30.54	0.00	0	663.17	3436.08	107.40	3543.48
24.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	32.64	0.00	0	723.46	4159.54	114.80	4274.34
26.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	34.47	0.00	0	17472.00	21631.54	121.21	21752.75

b. Daya dukung ultimate tiang tunggal dari data SPT metode Reese & O'Neil

Tipe Pondasi : *Concrete Pile*

Dimensi : 0.8 m

Area : 0.50 m²

Parimeter : 2.51 m

Kedalaman Pondasi ; 21 m

Tabel 3.5 : Daya dukung ultimate metode Reese & O'Neil titik BH 1

Depth	jenis tanah	N	N'	cu (KN/m ²)	α	Skin Friction		End Bearing	Qult
						Local	Cumm		
0.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1.00	1.00	6.67	0.55	9.21	9.21	30.14	39.35
2.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1.00	1.00	6.67	0.55	18.42	27.63	30.14	57.78
3.00	Clay,consistency medium,plastis high,high,yellow	1.00	1.00	6.67	0.55	27.63	55.26	30.14	85.41
4.00	Clay sand,consistency low,plastis low,low,blue blacked	1.00	1.00	6.67	0.55	36.84	92.11	30.14	122.25
6.00	Clay sand,consistency low,plastis low,low,blue blacked	5.00	1.80	33.33	0.55	276.32	368.43	150.72	519.15
8.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	5.00	2.33	0.00	0	32.15	400.58	8.21	408.79
10.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	13.00	3.86	0.00	0	104.50	505.08	13.56	518.64
12.00	Sand,consistency low,plastis low,low,yellow	58.00	10.63	0.00	0	559.47	1064.55	37.37	1101.92
14.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60.00	16.11	0.00	0	675.23	1739.78	56.66	1796.44
16.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60.00	20.50	0.00	0	771.69	2511.46	72.09	2583.56
18.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60.00	24.09	0.00	0	868.15	3379.61	84.72	3464.33
20.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60.00	27.08	0.00	0	964.61	4344.22	95.25	4439.47
22.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60.00	29.62	0.00	0	1061.0688	5405.29	104.15	5509.44
24.00	Sand,consistency high,plastis low,low,greys	60.00	31.79	0.00	0	1157.5296	6562.82	111.78	6674.60

Tabel 3.6 : Daya dukung ultimate metode Reese & O'Neil titik BH 2

Depth	jenis tanah	N	N'	cu (KN/m ²)	α	Skin Friction		End Bearing	Qult
						Local	Cumm		
0.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	9.21	9.21	30.14	39.35
2.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	18.42	27.63	30.14	57.78
3.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	27.63	55.26	30.14	85.41
4.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	1	1.00	6.67	0.55	36.84	92.11	30.14	122.25
6.00	Clay,consistency medium,plastis high,water content high,yellow	3	1.40	20.00	0.55	165.79	257.90	90.43	348.33
8.00	Sand,consistency medium,plastisity low,water content low,grey	24	5.17	0.00	0	154.34	412.24	18.17	430.41
10.00	Sand,consistency medium,plastisity low,water content low,grey	29	8.57	0.00	0	233.11	645.35	30.14	675.49
12.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	37	12.13	0.00	0	356.90	1002.25	42.64	1044.90
14.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	17.44	0.00	0	675.23	1677.48	61.35	1738.83
16.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	21.70	0.00	0	771.69	2449.17	76.31	2525.48
18.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	25.18	0.00	0	868.15	3317.31	88.56	3405.87
20.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	28.08	0.00	0	964.61	4281.92	98.76	4380.69
22.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	30.54	0.00	0	1061.07	5342.99	107.40	5450.39
24.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	32.64	0.00	0	1157.53	6500.52	114.80	6615.32
26.00	Sand,consistency high,plastisity low,water content low,grey	60	36.86	0.00	0	1253.99	7754.51	129.62	7884.13

3.6 Perhitungan Penurunan (*Settlement* Pondasi)

Akibat beban bekerja pada pondasi tiang *bored pile*, maka akan terjadi penurunan (*settlement*) pada tanah pendukungnya. Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air di dalam tanah tersebut.

Rumus perhitungan penurunan tiang tunggal:

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

Dimana:

S = Penurunan total pondasi tiang.

S_s = Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal.

S_p = Penurunan akibat beban

3.7 Kesimpulan

Setelah analisis daya dukung aksial tiang *bored pile* dan penurunan (*settlement*) pada pondasi jembatan dari kedua metode diatas didapat, maka selanjutnya ialah membuat kesimpulan berdasarkan hasil analisa metode manakah yang nilai daya dukungnya mendekati nilai PDA serta metode manakah yang hasil analisa daya dukungnya berbeda jauh dengan nilai PDA, begitu pula dengan hasil perhitungan penurunan (*settlement*).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Kereta Api BH No.8 KM 5+587 yang terletak di Jl. Danau Singkarak, Tebing Tinggi. Pada bab ini, penulis akan mengaplikasikan metode perhitungan daya dukung yang telah disampaikan pada Bab II.

4.2 Gambaran Umum Jembatan Kereta Api

Jembatan kereta api BH No.8 KM 5+587 merupakan sebuah jembatan yang diperuntukan sebagai lintas kereta api Medan – Siantar. Jenis konstruksi pondasi yang digunakan pada Jembatan Kereta Api ini adalah pondasi tiang *bored pile*. Jembatan ini memiliki 6 buah tiang *bored pile* pada setiap *abutment*. Untuk mendukung kinerja *bored pile* dalam menahan gaya aksial dan lateral, maka dibutuhkan pula perencanaan pondasi yang baik agar nantinya beban yang diterima oleh pondasi dapat disalurkan ke lapisan tanah keras yang berada dibawahnya.

Adapun data yang diperoleh pada proyek ini Antara lain :

1. Data Borlog;
2. Data PDA;
3. Gambar Struktur.

4.3 Hasil Dan Pembahasan

4.3.1 Menghitung Kapasitas Daya Dukung *Bored Pile* Tunggal

4.3.1.1 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Data SPT

a. Metode *Reese & Wreight 1977*

Perhitungan kapasitas daya dukung Tiang *bored pile* per lapisan dari data SPT memakai metode *Reese & Wreight 1977*.

Titik BH1

➤ **Pada Kedalaman 1m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang } \textit{bored pile} &= \pi \times d \\ &= 3.14 \times 80 \text{ cm} \\ &= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang } \textit{bored pile} (A_p) &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2 \\ &= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 1$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bored pile* (*end bearing*), (*Reese & Wreight, 1977*).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

Maka;

$$\begin{aligned} C_u &= 1 \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 6,67 \text{ Kn/m}^2 = 0,67 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times 6,67 \times 0,5024 \\ &= 30,14 \text{ kn.} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (*Reese & Wreight, 1977*).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut *Reese & Wreight 1977* nilai α yang digunakan ialah 0,55

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,55 \times 0,67 \times 2,512 \times 1 \\ &= 9,21 \text{ kn} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode *Reese & Wreight* 1977, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 3,014 + 0,921 \\ &= 39,35 \text{ kn} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 12m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang } \textit{bored pile} &= \pi \times d \\ &= 3.14 \times 80 \text{ cm} \\ &= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang } \textit{bored pile} (A_p) &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2 \\ &= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 58$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{non-koheisif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bored pile* (*end bearing*), (*Reese & Wreight*, 1977).

Untuk tanah non-koheisif :

$$\begin{aligned} Q_p &= 7 \times N \times A_p \\ &= 7 \times 10,63 \times 0,5024 \\ &= 37,37 \text{ kn.} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (*Reese & Wreight*, 1977).

Untuk tanah non-koheisif :

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i \\ &= 0,2 \times 58 \times 2,512 \times 12 \\ &= 349,67 \text{ kn} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode *Reese & Wreight* 1977, yaitu;

$$\begin{aligned}
Q_u &= Q_p + Q_s \\
&= 349,67 + 803,51 \\
&= 840,87 \text{ kn}
\end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 22m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
\text{Keliling tiang } \textit{bored pile} &= \pi \times d \\
&= 3.14 \times 80 \text{ cm} \\
&= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas tiang } \textit{bored pile} (A_p) &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
&= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2 \\
&= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 60$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{non-kohefif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bored pile (end bearing)*, (Reese & Wreight, 1977).

Untuk tanah non-kohefif :

$$\begin{aligned}
Q_p &= 7 \times N \times A_p \\
&= 7 \times 29,62 \times 0,5024 \\
&= 104.151 \text{ kn.}
\end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile (skin friction)*, (Reese & Wreight, 1977).

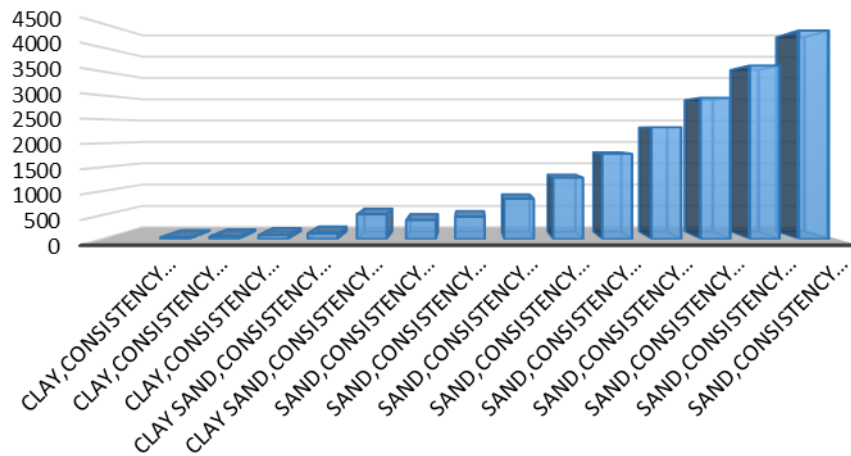
Untuk tanah non-kohefif :

$$\begin{aligned}
Q_s &= 0,2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i \\
&= 0,2 \times 60 \times 2,512 \times 8 \\
&= 663.17 \text{ kn.}
\end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode Reese & Wreight 1977, yaitu;

$$\begin{aligned}
Q_u &= Q_p + Q_s \\
&= 104.151 + 3516,47 \\
&= 3620,62 \text{ kn.}
\end{aligned}$$

Qult



Titik BH2

➤ **Pada Kedalaman 1m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang } \textit{bored pile} &= \pi \times d \\ &= 3.14 \times 80 \text{ cm} \\ &= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang } \textit{bored pile} (A_p) &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2 \\ &= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 1$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bored pile* (*end bearing*), (Reese & Wreight, 1977).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

Maka;

$$C_u = 1 \times \frac{2}{3} \times 10$$

$$= 6,67 \text{ Kn/m}^2 = 0,67 \text{ T/m}^2$$

$$Q_p = 9 \times 6,67 \times 0,5024$$

$$= 30,14 \text{ kn.}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (*Reese & Wreight, 1977*).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut *Reese & Wreight 1977* nilai α yang digunakan ialah 0,55

$$Q_s = 0,55 \times 6,67 \times 2,512 \times 1$$

$$= 9,21 \text{ kn.}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode *Reese & Wreight 1977*, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 30,14 + 9,21$$

$$= 39,35 \text{ kn.}$$

➤ **Pada Kedalaman 12m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Keliling tiang } \textit{bored pile} = \pi \times d$$

$$= 3.14 \times 80 \text{ cm}$$

$$= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m}$$

$$\text{Luas tiang } \textit{bored pile} (A_p) = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2$$

$$= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 37$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{non-kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bored pile* (*end bearing*), (*Reese & Wreight, 1977*).

Untuk tanah non-kohesif :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 7 \times N \times A_p \\
 &= 7 \times 12,13 \times 0,5024 \\
 &= 42.641 \text{ kn.}
 \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (*Reese & Wreight, 1977*).

Untuk tanah non-kohefif :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 0,2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i \\
 &= 0,2 \times 60 \times 2,512 \times 8 \\
 &= 223.066 \text{ kn.}
 \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode *Reese & Wreight 1977*, yaitu;

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 42.641 + 723,12 \\
 &= 765,762 \text{ kn.}
 \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 22m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling tiang } \textit{bored pile} &= \pi \times d \\
 &= 3.14 \times 80 \text{ cm} \\
 &= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tiang } \textit{bored pile} (A_p) &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2 \\
 &= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 60$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{non-kohefif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bored pile* (*end bearing*), (*Reese & Wreight, 1977*).

Untuk tanah non-kohefif :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 7 \times N \times A_p \\
 &= 7 \times 30,54 \times 0,5024
 \end{aligned}$$

$$= 107.398 \text{ kn.}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (Reese & Wreight, 1977).

Untuk tanah non-kohefif :

$$Q_s = 0,2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i$$

$$= 0,2 \times 60 \times 2,512 \times 8$$

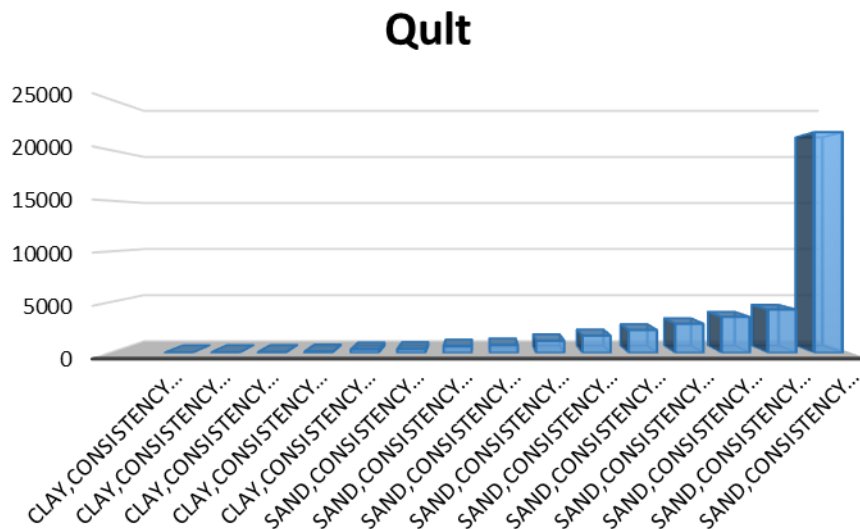
$$= 663.168 \text{ kn.}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode Reese & Wreight 1977, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 107.398 + 3436,08$$

$$= 3543,47 \text{ kn.}$$



b. Metode Reese & O’Neil 1988

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang *bored pile* per lapisan dari data SPT memakai metode Reese & O’Neil 1988.

Titik BH1

➤ **Pada Kedalaman 1m.**

Dimeter tiang (d) = 80 cm

Keliling tiang *bored pile* (p) = π × d

$$= 3.14 \times 80 \text{ cm}$$

$$= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m}$$

$$\text{Luas tiang bored pile (Ap)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2$$

$$= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2$$

$$\text{Nilai Nspt} = 1$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bore pile (end bearing)*, (Reese & O'Neil 1988)

$$Q_b = 9 \times C_u \times A_p$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

$$= 1 \times \frac{2}{3} \times 10$$

$$= 6,67 \text{ Kn/m}^2 = 0,67 \text{ T/m}^2$$

$$Q_p = 9 \times 6,67 \times 0,5024$$

$$= 30,14 \text{ kn.}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile (skin friction)*, (Reese & o'Neil)

Untuk tanah kohesif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut Reese & Wreight 1977 nilai α yang digunakan ialah 0,55

$$Q_s = 0,55 \times 6,67 \times 2,512 \times 1$$

$$= 9,21 \text{ kn.}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode Reese & O'Neil, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 30,14 + 9,21$$

$$= 39,35 \text{ kn.}$$

➤ **Pada Kedalaman 12m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang } \textit{bored pile} \text{ (p)} &= \pi \times d \\ &= 3.14 \times 80 \text{ cm} \\ &= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang } \textit{bored pile} \text{ (Ap)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2 \\ &= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 58$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{non-koheisif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bore pile* (*end bearing*), (*Reese & O'Neil* 1988)

$$Q_b = 9 \times N \times A_p$$

$$Q_p = 7 \times 10.63 \times 0,5024$$

$$= 37.37 \text{ kn.}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (*Reese & o'Neil*)

Untuk tanah kohesif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut *Reese & Wreight* 1977 nilai α yang digunakan ialah 0,55

$$Q_s = 0,55 \times 38,67 \times 2,512 \times 12$$

$$= 559.47 \text{ kn}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode *Reese & O'Neil* , yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 37.37 + 559.47$$

$$= 1101.92 \text{ kn}$$

➤ **Pada Kedalaman 22m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Keliling tiang } \textit{bored pile} \text{ (p)} = \pi \times d$$

$$= 3.14 \times 80 \text{ cm}$$

$$= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang } \textit{bored pile} (A_p) &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2 \\ &= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 60$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{non-koheisif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bore pile (end bearing)*, (Reese & O'Neil 1988)

$$Q_b = 7 \times N \times A_p$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 7 \times 29.62 \times 0,5024 \\ &= 104.15 \text{ kn.} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile (skin friction)*, (Reese & o'Neil)

Untuk tanah kohesif

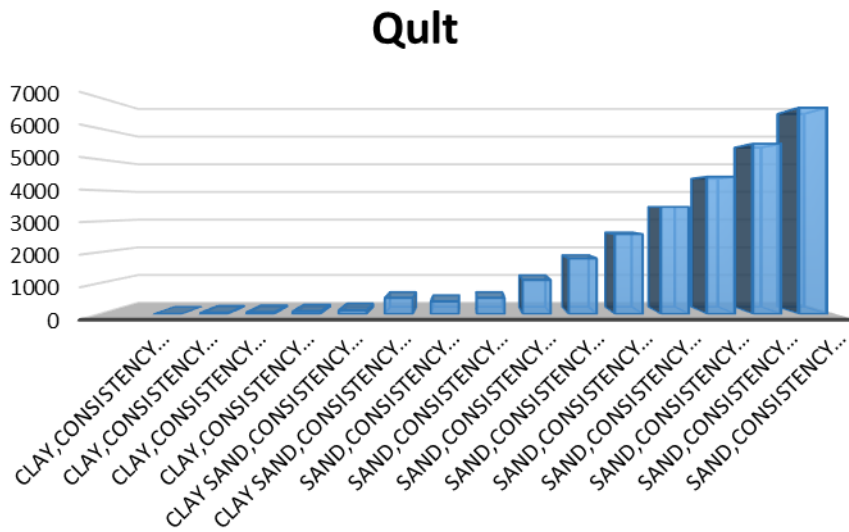
$$Q_s = 0.32 \times N \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut Reese & Wreight 1977 nilai α yang digunakan ialah 0,55

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,32 \times 40 \times 2,512 \times 21 \\ &= 1061.06 \text{ kn.} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode Reese & O'Neil , yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 104.15 + 1061.0688 \\ &= 5509.44 \text{ kn.} \end{aligned}$$



Titik BH2

➤ **Pada Kedalaman 1m.**

Dimeter tiang (d) = 80 cm

Keliling tiang *bored pile* (p) = $\pi \times d$
 = $3.14 \times 80 \text{ cm}$
 = 251,2 cm = 2,512 m

Luas tiang *bored pile* (Ap) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 = $\frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2$
 = 5.024 cm² = 0,5024 m²

Nilai N_{spt} = 1

Jenis Tanah = kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bore pile* (*end bearing*), (Reese & O'Neil 1988)

$Q_b = 9 \times C_u \times A_p$

$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$

= $1 \times \frac{2}{3} \times 10$

= 6,67 Kn/m² = 0,67 T/m²

$Q_p = 9 \times 6,67 \times 0,5024$

= 30,14 kn.

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (*Reese & o'Neil*)

Untuk tanah kohesif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut *Reese & Wreight* 1977 nilai α yang digunakan ialah 0,55

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,55 \times 6,67 \times 2,512 \times 1 \\ &= 9,21 \text{ kn.} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode *Reese & O'Neil* , yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 30,14 + 9,21 \\ &= 39,35 \text{ kn.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 12m.**

$$\text{Dimeter tiang (d)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang } \textit{bored pile} \text{ (p)} &= \pi \times d \\ &= 3.14 \times 80 \text{ cm} \\ &= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang } \textit{bored pile} \text{ (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2 \\ &= 5.024 \text{ cm}^2 = 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 37$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{non-kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bore pile* (*end bearing*), (*Reese & O'Neil* 1988)

$$Q_b = 7 \times N \times A_p$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 7 \times 12,13 \times 0,5024 \\ &= 42,64 \text{ kn.} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (*Reese & o'Neil*)

Untuk tanah kohesif

$$Q_s = 0.32 \times N \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut *Reese & Wreight* 1977 nilai α yang digunakan ialah 0,55

$$Q_s = 0,32 \times 37 \times 2,512 \times 12 \\ = 356,90 \text{ kn.}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode *Reese & O'Neil* , yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s \\ = 42,64 + 1002,25 \\ = 1044,90 \text{ kn.}$$

➤ **Pada Kedalaman 22m.**

Dimeter tiang (d) = 80 cm

Keliling tiang *bored pile* (p) = $\pi \times d$
= 3.14 × 80 cm
= 251,2 cm = 2,512 m

Luas tiang *bored pile* (Ap) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
= $\frac{1}{4} \times 3.14 \times 80^2$
= 5.024 cm² = 0,5024 m²

Nilai N_{spt} = 60

Jenis Tanah = non-kohefif

- Daya dukung ujung pondasi tiang *bore pile* (*end bearing*), (*Reese & O'Neil* 1988)

$$Q_b = 7 \times N \times A_p$$

$$Q_p = 7 \times 30,54 \times 0,5024 \\ = 107,40 \text{ kn.}$$

- Daya dukung selimut tiang *bored pile* (*skin friction*), (*Reese & o'Neil*)

Untuk tanah kohefif

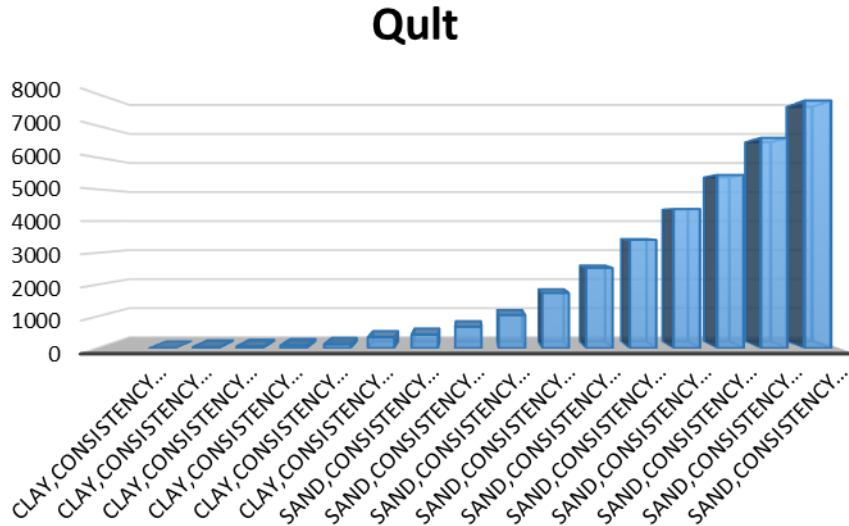
$$Q_s = 0.32 \times N \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut *Reese & Wreight* 1977 nilai α yang digunakan ialah 0,55

$$Q_s = 0,32 \times 60 \times 2,512 \times 21 \\ = 1061,06 \text{ kn.}$$

Maka daya dukung ultimate tiang *bored pile* tunggal dengan menggunakan metode *Reese & O'Neil* , yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 107,40 + 5342,99 \\ &= 5450,39 \text{ kn.} \end{aligned}$$



4.3.2 Menghitung Penurunan (*Settlement*)

4.3.2.1 Penurunan Pada Tiang Tunggal Metode Vesic

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*Settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air didalam tanah tersebut.

Diketahui :

- Q = 240 Ton
- α = 0.50
- D = 0.8 m
- Ap = 0.5024 m²
- P = 2.51 m

$$L = 21 \text{ m}$$

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{29.05} = 25332.08 \text{ Mpa} = 2583112.646 \text{ T/m}^2$$

Rumus perhitungan tiang tunggal :

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_b \cdot E_b}$$

Dimana :

Q = Beban kerja tiang.

D = Diameter tiang.

L = Panjang tiang.

Ab = Luas ujung tiang bawah.

Eb = Modulus elastisitas material tiang.

$\alpha = 0.5$ untuk distribusi gesekan seragam atau parabolic sepanjang tiang.

$\alpha = 0.3$ untuk distribusi gesekan berbentuk segitiga.

S = Penurunan total kepala tiang.

Maka selanjutnya kita dapat menghitung nilai penurunan diatas:

$$\begin{aligned} S &= \frac{0.8}{100} + \frac{240 \times 21}{0.50 \times 2583112.646} \\ &= 0.012 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi penurunan yang terjadi pada kedalaman tiang 21m berdasarkan persamaan Vesic sebesar 1.2 cm.

4.3.2.2 Penurunan Yang Diijinkan

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan bergantung pada beberapa factor. Factor – factor tersebut meliputi jenis, tinggi, kekuatan dan fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan strukturnya oleh pengaruh rangkak (*creep*). Oleh karena itu, dengan alasan tersebut, kriteria penurunan pondasi pada tanah pasir dan pada tanah lempung berbeda.

Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu:

$$S_{total} \leq S_{ijin}$$

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

Dimana ;

D = Diameter Tiang

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

$$= 10\% \times 0.8$$

$$= 0.08 \text{ m}$$

4.3.3 Menghitung Daya Dukung Lateral (Metode Broms)

Beban lateral merupakan beban yang memiliki arah horizontal. Beban – beban yang memiliki arah horizontal contohnya adalah beban angin, beban gempa, tekanan arah lateral, beban hampasan ombak atau kapal pada sisi struktur bangunan dan lain – lain. Beban lateral yang diterima oleh fondasi tiang akan bergantung pada struktur bangunan yang akan meneruskan gaya lateral yang diterima ke kolom bagian paling bawah dari upper struktur dan diteruskan pada kelompok tiang fondasi.

4.3.3.1 Untuk Tiang Ujung Bebas Dianggap Seperti Tiang Panjang

Metode perhitungan ini menggunakan diagram tekanan tanah yang disederhanakan dengan menganggap bahwa sepanjang kedalaman tiang reaksi atau tahanan tanah mencapai nilai ultimate. Berikut ini adalah beberapa keuntungan menggunakan metode Broms:

- a. Dapat digunakan pada tiang panjang maupun tiang pendek.
- b. Dapat digunakan pada kondisi kepala tiang terjepit maupun bebas.

Broms membedakan antara perilaku tiang pendek (kaku) dan panjang (elastis) serta membedakan kondisi kepala tiang dalam keadaan bebas (*free head*) dan kepala tiang terjepit (*fixed head*).

Adapun data-data yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Dimensi tiang pancang (D)} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang tiang pancang (L)} = 2100 \text{ cm}$$

Mutu Beton tiang pancang ($f'c$) = 35 Mpa = 350 kg/cm²
 Jarak horizontal diatas tanah (e) = 0
 Modulus Elastis tiang pancang (E_p) = $4700\sqrt{35} = 27805.5 \text{ Mpa} = 278055 \text{ kg/cm}^2$
 Momen inersia tiang pancang (I_p) = $1/4 \times 3.14 \times 40^4 = 2009600 \text{ cm}^4$
 Kuat lentur beban tiang ($\sigma_{lt}/(fb)$) = $0.4 \times f'c = 0.4 \times 350 = 140 \text{ kg/cm}^2$
 Nilai kohesi rata-rata (c_u) = $2/3 \times 10 \times N_{spt}$

Tabel 4.7: Nilai C_u rata-rata.

Kedalaman	SPT	C_u
1.00	1	6.67
2.00	1	6.67
3.00	1	6.67
4.00	1	6.67
6.00	5	33.33
8.00	5	33.33
10.00	13	86.67
12.00	58	386.67
14.00	60	400.00
16.00	60	400.00
18.00	60	400.00
20.00	60	400.00
22.00	60	400.00
24.00	60	400.00
Cu rata -rata		211.90

= 2.16 kg/cm²

Berikut merupakan tabel K1 menurut Terzaghi (1955):

Tabel 4.8: Reaksi Subgrade Menurut Terzaghi (1955).

Konsistensi	Kaku	Sangat kaku	keras
Kohesi Undrained	100-	200-400	>40

(CU)	200		0
KN/m ²			
k1 (MN/m ³)	18-36	2 - 72.	>72
K1			>10
direkomendasikan	27	54	8

Dipakai $K1 = 27 \text{ Mn/m}^2 = 2.7 \text{ kg/cm}^3$

➤ Menentukan Tiang Panjang atau Tiang Pendek

Untuk tiang dalam tanah kohesif pengkaitan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan factor tak berdimensi βL menurut Broms adalah sebagai berikut:

$$\beta = \left(\frac{kh \cdot d}{4 \cdot Ep \cdot Ip} \right)^{1/4}$$

$$Kh = \left(\frac{k1}{1.5} \right) = \left(\frac{2.7}{1.5} \right) = 1.8 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \left(\frac{2.1 \times 80}{4 \times 278055 \times 2009600} \right)^{1/4}$$

$$= 0.0028 \text{ cm}$$

$$\beta L = 0.0028 \times 18000 = 5.95$$

Syarat penentuan tiang panjang atau pendek:

- Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 1.5$
- Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 0.5$
- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

Berdasarkan persyaratan diatas berarti tiang termasuk dalam:

- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

1. Menghitung Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal

a. Metode Broms

➤ Mencari Nilai M-max 1 Buah Tiang Pancang, Tahanan Momen

$$W = \frac{IP}{d/2} = \frac{2009600}{80/2} = 50240 \text{ cm}^3$$

Momen Maximum tiang:

$$\begin{aligned} (My) &= Fb \cdot w \\ &= 140 \times 50240 \\ &= 7033600 \text{ Kg.cm (Persamaan 1)} \end{aligned}$$

➤ Menentukan Nilai HU

$$\begin{aligned} Hu &= \frac{My}{e + 3 \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{2} \cdot f} \\ F &= \frac{HU}{9 \cdot Cu \cdot D} \\ &= \frac{HU}{9 \times 2.16 \times 80} \\ &= \frac{HU}{1555.2} \\ &= Hu \times \frac{1}{1555.2} \\ &= 0.00064 \times Hu \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Hu &= \frac{My}{e + 3 \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{2} \cdot F} \\ &= \frac{7033600}{0 + 3 \cdot \frac{80}{2} + \frac{1}{2} (0.00064 \times Hu)} \end{aligned}$$

$$Hu (120 + 0.00032 \times Hu) = 7033600$$

$$120 \times Hu + 0.00032 \times Hu^2 - 7033600 = 0$$

$$\underline{[0.00032 \times Hu^2 + 120 \times Hu - 7033600]} = 0$$

$$0.00032$$

$$Hu^2 + 375000 \times Hu - 21980000000 = 0$$

Selanjutnya untuk menentukan nilai Hu, maka gunakan rumus abc (akar persamaan kuadrat):

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4 \cdot ac)}}{2 \cdot a}$$

$$Hu = \frac{-375000 \pm \sqrt{((375000)^2 - 4 \times 1 \times (-21980000000))}}{2 \times 1}$$

$$Hu_1 = \frac{-375000 + \sqrt{((375000)^2 - 4 \times 1 \times (-2198000000))}}{2 \times 1}$$

Hu 1 = 71712.15 Kg (Nilai Hu yang digunakan)

$$Hu_2 = \frac{-375000 - \sqrt{((375000)^2 - 4 \times 1 \times (-2198000000))}}{2 \times 1}$$

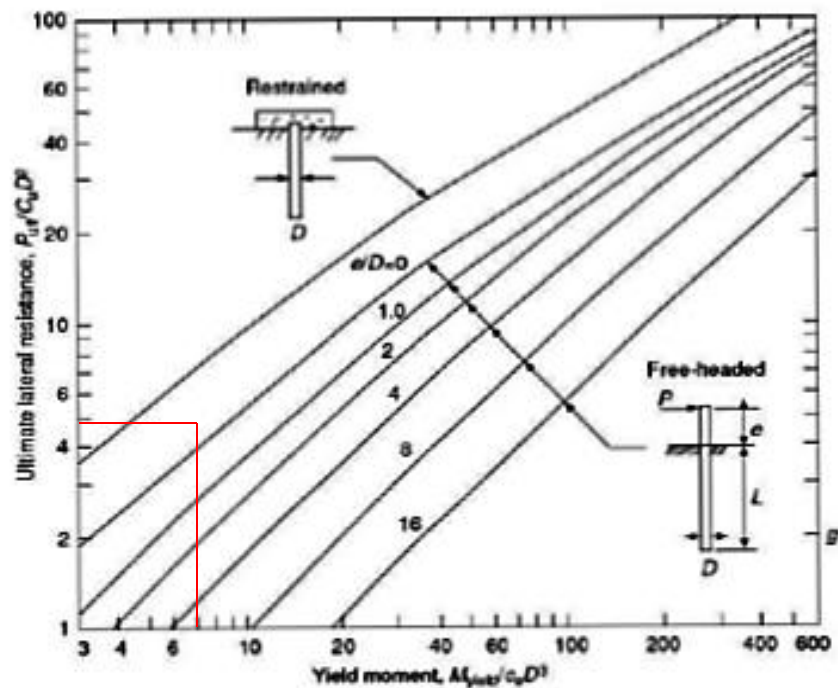
Hu 2 = - 302287.84 Kg.

b. Metode Grafik

Nilai Hu juga dapat dihitung dengan menggunakan grafik broms 1964 seperti pada gambar, berikut merupakan tahanan lateral tiang pancang:

Momen Max (My) = 7033600 kg.cm

$$\frac{My}{Cu \cdot b^3} = \frac{7033600}{2.16 \times 80^3} = 6.36$$



Gambar 4.3 : Grafik Broms

$$\frac{Hu}{Cu \cdot b^3} = 5 \text{ (dari grafik)}$$

$$Hu = 5 \times Cu \times b^3$$

$$= 5 \times 2.16 \times 80^3$$

$$= 152064 \text{ kg}$$

Terdapat selisih tahanan lateral ultimate (H_u) metode Broms cara perhitungan analitis yaitu sebesar 71712.15 kg dengan perhitungan menggunakan grafik yaitu sebesar 152064 kg. Hal ini karena kurang telitinya dalam melihat nilai grafik, namun kedua hasil tersebut tidak jauh berbeda.

4.3.3.2 Untuk Tiang Ujung Jepit Dianggap Seperti Tiang Panjang

Adapun data – data yang digunakan sebagai berikut:

Dimensi tiang pancang (D)	= 80 cm
Panjang tiang pancang (L)	= 2100 cm
Mutu Beton tiang pancang (f'_c)	= 35 Mpa = 350 kg/cm ²
Jarak horizontal diatas tanah (e)	= 0
Modulus Elastis tiang pancang (E_p)	= $4700\sqrt{35} = 27805.5 \text{ Mpa} = 278055 \text{ kg/cm}^2$
Momen inersia tiang pancang (I_p)	= $1/4 \times 80 \times 40^4 = 2009600 \text{ cm}^4$
Kuat lentur beban tiang (σ_{lt}/f_b)	= $0.4 \times f'_c = 0.4 \times 350 = 140 \text{ kg/cm}^2$
Nilai kohesi rata-rata (c_u)	= $2/3 \times 10 \times N_{spt}$

Tabel 4.9: Nilai C_u Rata-Rata.

Kedalaman	SPT	C_u
1.00	1	6.67
2.00	1	6.67
3.00	1	6.67
4.00	1	6.67
6.00	5	33.33
8.00	5	33.33
10.00	13	86.67
12.00	58	386.67
14.00	60	400.00
16.00	60	400.00
18.00	60	400.00

20.00	60	400.00
22.00	60	400.00
24.00	60	400.00
Cu rata-rata		211.90

$$= 2.16$$

K1 (Modulus reaksi subgrade) =

Tabel 4.10: Reaksi Subgrade Menurut Terzaghi (1955).

Konsistensi	Kaku	Sangat kaku	keras
Kohesi Undrained (CU) KN/m ²	100-200	200-400	>400
k1 (MN/m ³)	18-36	2 - 72.	>72
K1 direkomendasikan	27	54	>108

$$\text{Dipakai } K1 = 27 \text{ Mn/m}^2 = 2.7 \text{ kg/cm}^3$$

➤ Menentukan Tiang Panjang atau Tiang Pendek

Untuk tiang dalam tanah kohesif pengkaitan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan factor tak berdimensi βL menurut Broms adalah sebagai berikut:

$$\beta = \left(\frac{kh \cdot d}{4 \cdot Ep \cdot Ip} \right)^{1/4}$$

$$Kh = \left(\frac{k1}{1.5} \right) = \left(\frac{2.7}{1.5} \right) = 1.8 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \left(\frac{2.1 \times 80}{4 \times 278055 \times 2009600} \right)^{1/4}$$

$$= 0.0028 \text{ cm}$$

$$\beta L = 0.0028 \times 2100 = 5.95$$

Syarat penentuan tiang panjang atau pendek:

- Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 1.5$
- Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 0.5$
- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

Berdasarkan persyaratan diatas berarti tiang termasuk dalam:

- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

2. Menghitung Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal

a. Metode Broms

➤ Mencari Nilai M-max 1 Buah Tiang Pancang, Tahanan Momen

$$W = \frac{IP}{d/2} = \frac{2009600}{80/2} = 50240 \text{ cm}^3$$

Momen Maximum tiang:

$$\begin{aligned} (M_y) &= F_b \cdot w \\ &= 140 \times 50240 \\ &= 7033600 \text{ Kg.cm (Persamaan 1)} \end{aligned}$$

➤ Menentukan Nilai HU

$$\begin{aligned} H_u &= \frac{M_y}{e + 3 \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{2} \cdot f} \\ F &= \frac{H_u}{9 \cdot C_u \cdot D} \\ &= \frac{H_u}{9 \times 2.16 \times 80} \\ &= \frac{H_u}{1555.2} \\ &= H_u \times \frac{1}{1555.2} \\ &= 0.00064 \times H_u \end{aligned}$$

Maka:

$$H_u = \frac{M_y}{e + 3 \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{2} \cdot F}$$

$$= \frac{7033600}{0 + 3 \cdot \frac{80}{2} + \frac{1}{2} (0.00064 \times Hu)}$$

$$Hu (120 + 0.00032 \times Hu) = 7033600$$

$$120 \times Hu + 0.00032 \times Hu^2 - 7033600 = 0$$

$$[0.00032 \times Hu^2 + 120 \times Hu - 7033600] = 0$$

$$0.00032$$

$$Hu^2 + 375000 \times Hu - 21980000000 = 0$$

Selanjutnya untuk menentukan nilai Hu, maka gunakan rumus abc (akar persamaan kuadrat):

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4 \cdot ac)}}{2 \cdot a}$$

$$Hu = \frac{-375000 \pm \sqrt{((375000)^2 - 4 \times 1 \times (-21980000000))}}{2 \times 1}$$

$$Hu_1 = \frac{-375000 + \sqrt{((375000)^2 - 4 \times 1 \times (-21980000000))}}{2 \times 1}$$

$$Hu_1 = 93776.11 \text{ Kg (Nilai Hu yang digunakan)}$$

$$Hu_2 = \frac{-375000 - \sqrt{((375000)^2 - 4 \times 1 \times (-21980000000))}}{2 \times 1}$$

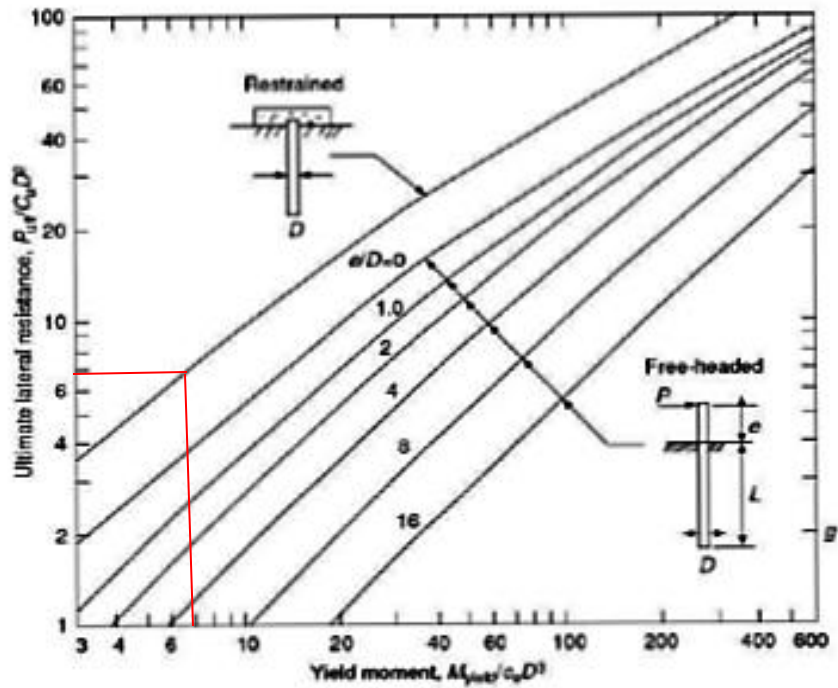
$$Hu_2 = -468776.11 \text{ Kg}$$

b. Metode Grafik

Nilai Hu juga dapat dihitung dengan menggunakan grafik broms 1964 seperti pada gambar, berikut merupakan tahanan lateral tiang pancang:

$$\text{Momen Max (My)} = 7033600 \text{ kg.cm}$$

$$\frac{My}{Cu \cdot b^3} = \frac{7033600}{2.16 \times 80^3} = 6.36$$



Gambar 4.3 : Grafik Broms

$$\frac{H_u}{C_u \cdot b^2} = 7 \text{ (dari grafik)}$$

$$\begin{aligned} H_u &= 7 \times C_u \times b^2 \\ &= 7 \times 2.16 \times 80^2 \\ &= 96.76 \text{ kg} \end{aligned}$$

Terdapat selisih tahanan lateral ultimate (H_u) metode Broms cara perhitungan analitis yaitu sebesar 71712.15 kg dengan perhitungan menggunakan grafik yaitu sebesar 152064 kg. Hal ini karena kurang telitinya dalam melihat nilai grafik, namun kedua hasil tersebut tidak jauh berbeda.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan mengenai analisis daya dukung aksial pondasi tiang *bored pile* pada jembatan kereta api tebing tinggi dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung aksial menggunakan data SPT pada kedalaman 21 m dari beberapa metode didapat nilai daya dukung ultimate tiang pancang sebesar:

Daya Dukung Ultimit					
Metode Analitik	Titik	Panjang Tiang	Hasil Analitik	Hasil PDA	
			Qu	Qu Abt.1_1C	Qu Abt.2_2D
		(cm)	(kN)	(kN)	(kN)
<i>Reese & Wreight(1977)</i>	BH 1 (Abt 1)	21	3620.62	3926.6	4714.3
	BH 2 (Abt 2)	21	4274.34		
<i>Reese & O'Neil (1989)</i>	BH 1 (Abt 1)	21	3464.33		
	BH 2 (Abt 2)	21	4380.69		

2. Hasil pengujian Pile Driving Analyzer (PDA) pada ABT 1 titik 1C = 3926,6 Kn dan ABT 2 titik 2D = 4714,3 Kn
3. Dari hasil analisis perhitungan metode Vesic didapat besar penurunan yang terjadi pada tiang pancang tunggal yaitu 0.012 cm, sedangkan penurunan yang diizinkan sebesar 0.08 cm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari Tugas Akhir ini, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Perbedaan nilai hasil perhitungan yang signifikan antara beberapa metode sangat dipengaruhi oleh komponen – komponen data tanah yang digunakan, serta ketelitian dalam membaca grafik. Untuk itu sangat dibutuhkan ketelitian dalam perhitungan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., Khilji, S., Khan S. B., Qureshi, M. S., dan Sattar, M.,** 2008. *Shaft Friction of Bored Piles in Hard Clay*, *Pak. J. Engg. & Appl. Sci.* Vol. 3 Jul 2008 (p.54 – 60).
- Andi, Y., dan Fahrani, F.,** 2014, Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analysis dan Capwap (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang), *Jurnal Fropil* Vol 2 Nomor 1. Januari-Juni 2014.
- Bowles, J. E., 1984, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) 1*, Jakarta : Erlangga 1995
- Das, B. M., *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) 2*, Jakarta : Erlangga 1995.
- Das, B. M., 2011, *Principles of Foundation Engineering, SI Seventh Edition (repaired by Utan)*, *Cengage Learning, Stamford*.
- Simanjuntak, I. T. H.,** 2015, Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Kelompok pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Fak. MIPA Universitas Negeri Medan (UNIMED), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Pradira, I. T., 2018, Analisa Daya Dukung dan Penurunan Elastik Pondasi Tiang Bor (*Bore Pile*) dengan menggunakan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus Proyek Jalan Layang Kereta Api Medan Bandar Khalipah KM 2+600), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Lubis, Muhammad Fadhil.,** 2019, Analisis Daya Dukung Pondasi *Bore Pile* Dengan Program *Software Plaxis Version 8.6* (Studi Kasus Jalan Layang Kereta Api Medan – Kualanamu KM 4+600), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Markus, & Kwanda, A. (2020). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Tanah Berpotensi Likuifaksi Di Sulawesi. *Jurnal Mitra Teknik Sipil* (Vol. 3, No.3, hlm 865-878).

- Mansur, S., Patuti, I. M. & Achmad, F. (2019). Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Tiang Bor Tunggal Akibat Beban Gempa Dengan Menggunakan PLAXIS 2D. Seminar Nasional Teknologi, Sains dan Humaniora (SemanaTECH 2019).
- Prakasa, A. G., & Rijaluddin, A. (2016). Analisa Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) Tunggal dengan Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Yogya Toserba II Majalengka). *J-ENSITEC*, 3(01).
- Pamungkas, A., & Priadi, E. (2017). Studi Daya Dukung Lateral Pada Pondasi Tiang Grup Dengan Konfigurasi 2 x 3. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 5(1).

LAMPIRAN

GEOLOGIC DRILLING LOG				Project : PEMBANGUNAN JEMBATAN K.A								
COORDINATE :				Location : BH 8 KM 4+866								
BEGINNING : 11042019 ENDING : 11052019 TOTAL DEPTH : 24,45 m FINAL GWL : 6,71 m				BORING MACHINE : VBM 5.05 DRILL MASTER : Alvin Rendi LOGGED BY : CHECKED BY : Amy Ginting SEAT								
				BOR : 01								
				Company Name								
				PT. MATRA BANGUN TECHNOCONSULT								
				STANDARD PENETRATION TEST (SPT)								
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	GWL (m)	METHODS OF SAMPLE UPDAYS LITHOLOGICAL SYMBOL	SOIL AND / OR ROCK DESCRIPTION				GRAPH N - VALUE	N/15 CM	N/30 CM	N/45 CM	N
				15	20	25	30	35	40	45	50	N1
1	3,00			Clay, consistency medium, plastic high, high, yellow				1	-	-	1	
4	6,00			Clay sand, consistency low, plastic low, low, blue blacked				1	-	-	1	
6								1	2	3	3	
11,80				Sand, consistency low, plastic low, low, yellow				2	2	3	5	
13								5	6	7	13	
17								13	15	33	38	
24,45				Sand, consistency high, plastic low, low, gray				16	29	214	>60	
19								19	34	267	>60	
18								24	47	13/12	>60	
20								25	38	228	>60	
22								22	31	293	>60	
24								6	22	38/10	>60	
LEGEND :												
	Disturbed Sample				Organic Matter							
	Undisturbed Sample				Medium Sand or Rough Sand							
	Ground Water Level (GWL)				Fine Sand							
				Silty Sand or Sandy Silt								
				Clayey Sand or Sandy Clay								
				Clayey Silt or Silty Clayey								
				Clay								

GEOLOGIC DRILLING LOG				Project : PEMBANGUNAN JEMBATAN K.A	BOR : 02				
				Location : BH 8 KM 4+866	Company Name				
COORDINATE				DRILLING MACHINE : YBM 5-60	PT. MATRA BANGUN TECHNOCONSULT				
REGIONAL : 9°13'00.00				DRILL MASTER : Abdul Rauf	STANDARD PENETRATION TEST (SPT)				
ELEVANT : 493.2020				LOGGED BY :	GRAPH				
TOTAL DEPTH : 26,45 m				ENGINEER BY : Eny Ginting (EMF)	N - VALUE	N/15 CM	N/7.5 CM	N/15 CM	N BELOW
FINAL GWT : 0,88 m				15 20 30 40 50 60 70					
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	GWL (m)	METHOD OF SAMPLE UPTAKE	LITHOLOGY SYMBOL	SOIL AND / OR ROCK DESCRIPTION				
1	6,30	0,88	N		Clay, consistency medium, plastic high, water content high, yellow	1	-	-	1
2						1	-	-	1
3						1	-	-	1
4						1	-	-	1
5						1	1	2	3
6						1	3	17	24
7	12,40		N		Sand, consistency medium, plasticity low, water content low, gray	7	11	18	29
8						5	15	24	37
9						15	27	33/8	>60
10						19	36	24/11	>60
11						24	60/4	-	>60
12						31	55	5/14	>60
13						23	60/5	-	>60
14						10	60/7	-	>60
15						29	60/10	-	>60
16						26,45			
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									

LEGEND :

- : Disturbed Sample
- : Un disturbed Sample
- : Ground Water Level (GWL)
- : Organic Matter
- : Medium Sand or Rough Sand
- : Fine Sand
- : Silty Sand or Sandy Silt
- : Clayey Sand or Sandy Clay
- : Clayey Silt or Silty Clayey
- : Clay



GEOTECHNICAL & STRUCTURE ENGINEERING CENTRE

Soil Investigation (Field & lab. Test), PDA & PIT, Structure Retrofit
Geotechnical & Structure Analysis/Design and Earthquake Study

FINAL REPORT - PILE DRIVING ANALYZER TEST
PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API BH NO.8 (JAS 1)

KM 4+857

Attachment A

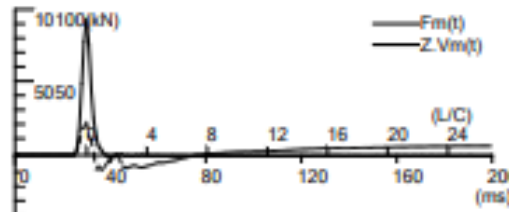
OUTPUT ANALYSIS/RSM-WAP RESULTS



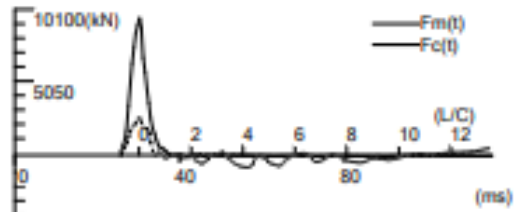
PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API JAS-1 BH-08, KM 4+857

Project: JAS-1 BH-08 KM 4+857	Dept. Testing: GSEC	Date Testing: 18/05/2021	
PileID: ABT.1_1C	Total Len: 23.00m	Area: 0.5027m ²	Speed: 3364m/s
FMX: 9997.44kN	VMX: 0.60m/s	EMX: 17.10kN/m	Case Jc: 0.34
Total Ultimate: 3924kN	Shaft Resist: 2466kN	End Bearing: 1458kN	Quality Factor: 14.5
Qs: 6.99mm	Qt: 5.35mm	Ss: 1.1s/m	St: 1.0s/m

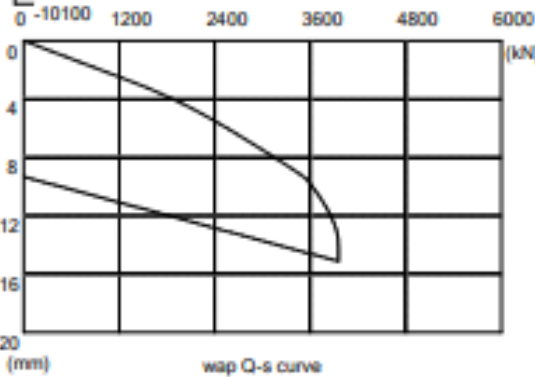
RSM High-Strain Match Analysis Results



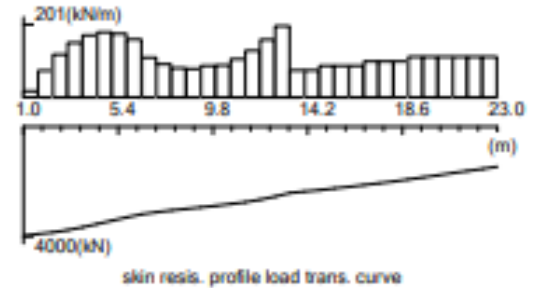
measured F and ZV curves



measured computed F curves



wap Q-s curve



skin resist. profile load trans. curve

No.	Depth (m)	Area (m ²)	Skin Fric. (kPa)	Skin Resist. (kN)	Sum Skin Resist. (kN)	No.	Depth (m)	Area (m ²)	Skin Fric. (kPa)	Skin Resist. (kN)	Sum Skin Resist. (kN)
1	0.00	0.5027	7.1802	32.42	32.42	17	11.00	0.5027	63.8961	110.30	1371.65
2	1.37	0.5027	20.8148	51.47	63.89	18	12.36	0.5027	78.8086	136.04	1507.70
3	2.06	0.5027	47.4052	82.18	146.07	19	13.65	0.5027	36.0000	51.79	1558.49
4	2.75	0.5027	60.5646	104.55	250.62	20	13.74	0.5027	36.0000	51.79	1611.28
5	3.43	0.5027	68.4932	134.59	385.21	21	14.42	0.5027	35.0000	60.42	1671.70
6	4.12	0.5027	71.9909	124.28	493.48	22	15.11	0.5027	35.0000	60.42	1732.12
7	4.80	0.5027	70.4278	121.63	615.12	23	15.80	0.5027	35.0000	60.42	1792.54
8	5.49	0.5027	64.8838	133.65	725.76	24	16.48	0.5027	40.0000	69.05	1861.59
9	6.18	0.5027	44.8642	76.07	801.83	25	17.17	0.5027	40.0000	69.05	1930.64
10	6.87	0.5027	36.4732	63.65	865.48	26	17.86	0.5027	40.0000	69.05	1999.69
11	7.56	0.5027	32.4450	56.01	921.49	27	18.55	0.5027	45.0000	77.68	2077.38
12	8.24	0.5027	31.8861	55.01	976.51	28	19.23	0.5027	45.0000	77.68	2155.06
13	8.93	0.5027	35.1579	60.69	1037.20	29	19.92	0.5027	45.0000	77.68	2232.74
14	9.62	0.5027	35.7173	61.69	1098.89	30	20.61	0.5027	45.0000	77.68	2310.43
15	10.30	0.5027	42.3804	73.13	1172.02	31	21.30	0.5027	45.0000	77.68	2388.11
16	10.99	0.5027	51.7463	89.33	1261.35	32	22.00	0.5027	45.0000	77.68	2465.79

PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API JAS-1 BH-08, KM 4+857

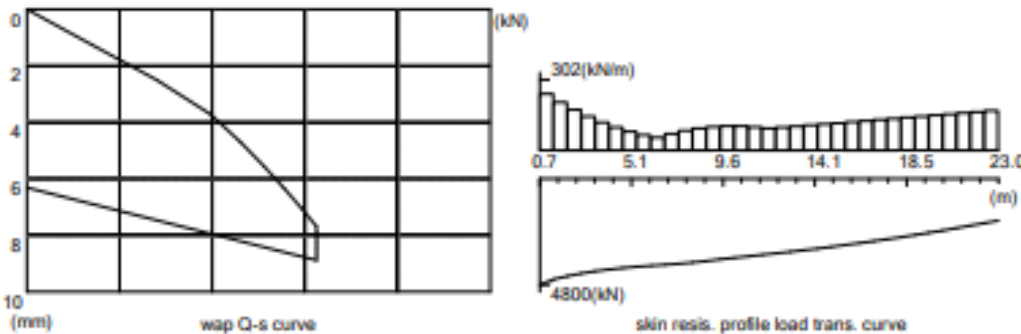
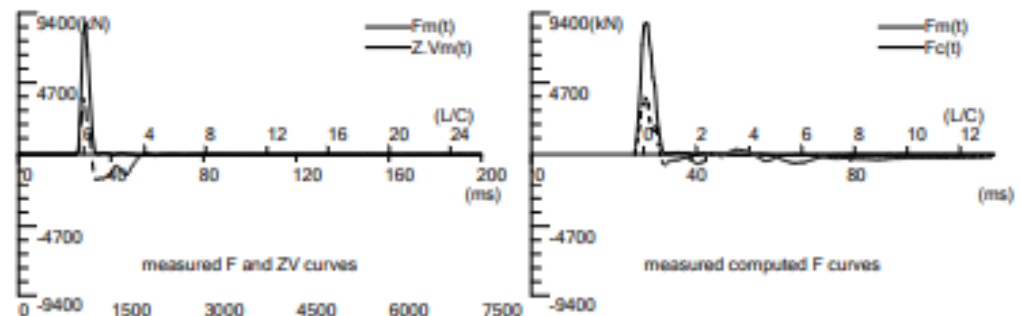
CAPWAP FINAL RESULTS

Total CAPWAP Capacity:3923.6			along Shaft:2465.8			at Toe:1457.9 kN				
Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru kN	Force in Pile at Ru kN	Sum of Ru kN	Unit w.Respect to Depth kN/m	Resist. Area kPa	Smith Damping Factor s/m	Quake mm	
				3923.6						
1	0.69	1.71	12.4	3911.2	12.4	18.1	7.2	0.854	2.583	
2	1.37	2.39	51.5	3859.8	63.9	74.9	29.8	0.944	2.759	
3	2.06	3.08	82.2	3777.6	146.1	119.6	47.6	1.026	2.973	
4	2.75	3.77	104.6	3673.0	250.6	152.2	60.6	1.102	3.223	
5	3.43	4.45	118.6	3554.4	369.2	172.6	68.7	1.172	3.511	
6	4.12	5.14	124.3	3430.2	493.5	180.9	72.0	1.234	3.836	
7	4.81	5.83	121.6	3308.5	615.1	177.1	70.5	1.290	4.197	
8	5.49	6.52	110.6	3197.9	725.8	161.1	64.1	1.340	4.596	
9	6.18	7.20	76.1	3121.8	801.8	110.7	44.1	1.382	5.032	
10	6.87	7.89	63.7	3058.2	865.5	92.7	36.9	1.419	5.505	
11	7.56	8.58	56.0	3002.2	921.5	81.5	32.4	1.448	6.014	
12	8.24	9.26	55.0	2947.1	976.5	80.1	31.9	1.471	6.561	
13	8.93	9.95	60.7	2886.4	1037.2	88.4	35.2	1.487	7.145	
14	9.62	10.64	61.7	2824.8	1098.9	89.8	35.7	1.496	7.766	
15	10.30	11.32	73.1	2751.6	1172.0	106.5	42.4	1.499	8.424	
16	10.99	12.01	89.3	2662.3	1261.4	130.1	51.7	1.495	9.119	
17	11.68	12.70	110.3	2552.0	1371.7	160.6	63.9	1.485	9.851	
18	12.36	13.38	136.0	2415.9	1507.7	198.1	78.8	1.468	10.620	
19	13.05	14.07	51.8	2364.2	1559.5	75.4	30.0	0.841	9.264	
20	13.74	14.76	51.8	2312.4	1611.3	75.4	30.0	0.686	9.690	
21	14.42	15.44	60.4	2252.0	1671.7	88.0	35.0	0.516	10.120	
22	15.11	16.13	60.4	2191.5	1732.1	88.0	35.0	0.329	10.555	
23	15.80	16.82	60.4	2131.1	1792.5	88.0	35.0	0.100	10.572	
24	16.48	17.51	69.1	2062.1	1861.6	100.5	40.0	1.075	9.788	
25	17.17	18.19	69.1	1993.0	1930.6	100.5	40.0	1.030	9.534	
26	17.86	18.88	69.1	1924.0	1999.7	100.5	40.0	0.984	9.233	
27	18.55	19.57	77.7	1846.3	2077.4	113.1	45.0	0.935	8.884	
28	19.23	20.25	77.7	1768.6	2155.1	113.1	45.0	0.883	8.488	
29	19.92	20.94	77.7	1690.9	2232.7	113.1	45.0	0.830	8.044	
30	20.61	21.63	77.7	1613.2	2310.4	113.1	45.0	0.774	7.553	
31	21.29	22.31	77.7	1535.5	2388.1	113.1	45.0	0.716	7.015	
32	21.98	23.00	77.7	1457.9	2465.8	113.1	45.0	0.656	6.428	
Average Skin Values			77.1			112.2	44.6	1.061	7.153	
Toe			1457.9				2900.0	1.409	5.350	
case Damping Factor/Extensions						Skin	Toe			
Unloading Quake (% of loading quake)						0.629	0.343			
Reloading Level (% of Ru)						59	100			
Unloading Level (% of Ru)						100	100			

PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API JAS-1 BH-08, KM 4+857

Project: JAS-1 BH-08 KM 4+857	Dept. Testing: GSEC	Date Testing: 18/05/2021	
PileID: ABT_2_20	Total Len: 23.00m	Area: 0.5027m ²	Speed: 3364m/s
FMX: 9227.12kN	VMX: 0.98m/s	EMX: 20.84kN*m	Case Jc: 0.16
Total Ultimate: 4714kN	Shaft Resist: 2825kN	End Bearing: 1889kN	Quality Factor: 13.8
Qs: 1.97mm	Qt: 1.59mm	Ss: 0.7s/m	St: 0.3s/m

RSM High-Strain Match Analysis Results

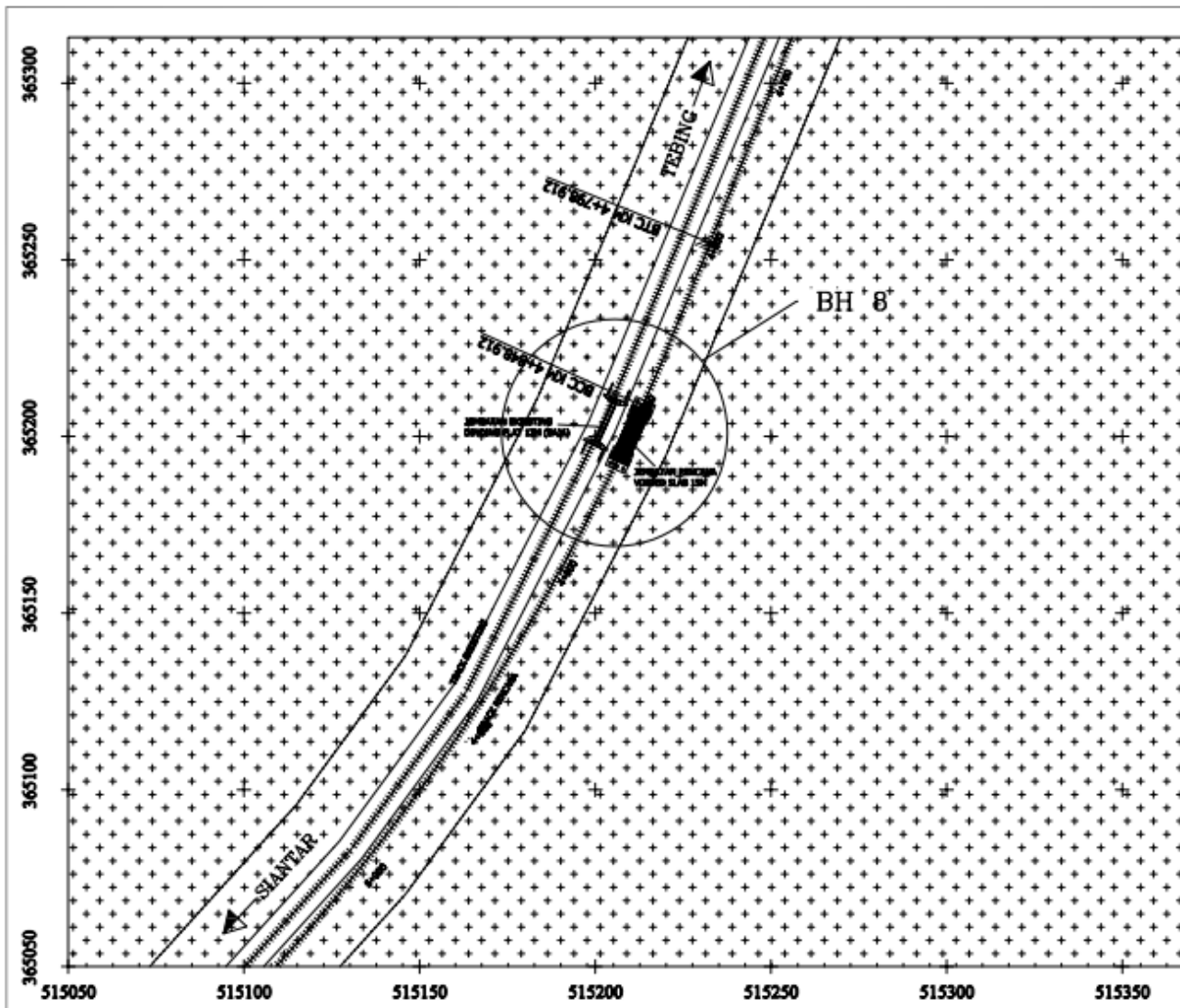


No.	Depth (m)	Area (m ²)	Skid Fric. (kPa)	Skid Resist. (kN)	Sum Skid Resist. (kN)	No.	Depth (m)	Area (m ²)	Skid Fric. (kPa)	Skid Resist. (kN)	Sum Skid Resist. (kN)
1	0.08	0.5027	98.8657	166.95	166.95	18	12.19	0.5027	46.2302	68.45	1412.12
2	1.35	0.5027	83.4202	142.27	309.12	19	12.86	0.5027	42.0820	71.62	1483.74
3	2.03	0.5027	76.8033	128.12	437.25	20	13.54	0.5027	41.9598	74.79	1558.53
4	2.71	0.5027	68.9151	109.46	546.71	21	14.22	0.5027	45.8237	77.98	1636.52
5	3.38	0.5027	68.8666	86.12	632.83	22	14.89	0.5027	41.7121	81.19	1717.71
6	4.06	0.5027	46.1245	68.27	681.10	23	15.57	0.5027	46.2987	84.29	1802.00
7	4.74	0.5027	32.8222	55.94	736.99	24	16.25	0.5027	51.4918	87.61	1889.69
8	5.42	0.5027	26.9486	45.85	782.74	25	16.92	0.5027	53.2980	90.94	1980.63
9	6.09	0.5027	22.5036	38.29	821.03	26	17.60	0.5027	55.2943	94.08	2074.60
10	6.77	0.5027	26.1811	49.65	870.68	27	18.28	0.5027	57.2046	97.22	2171.94
11	7.45	0.5027	34.4357	58.93	929.61	28	18.96	0.5027	58.1502	100.44	2271.58
12	8.12	0.5027	38.8616	65.78	995.39	29	19.63	0.5027	61.0946	103.95	2374.52
13	8.80	0.5027	41.2589	70.20	1065.58	30	20.31	0.5027	63.0329	107.24	2482.77
14	9.48	0.5027	42.4275	72.39	1137.97	31	20.99	0.5027	64.9652	110.52	2594.29
15	10.15	0.5027	42.1675	71.74	1209.72	32	21.66	0.5027	66.8913	113.80	2708.11
16	10.83	0.5027	46.4789	68.87	1278.59	33	22.34	0.5027	68.8114	117.08	2825.19
17	11.51	0.5027	38.2745	65.29	1343.88						

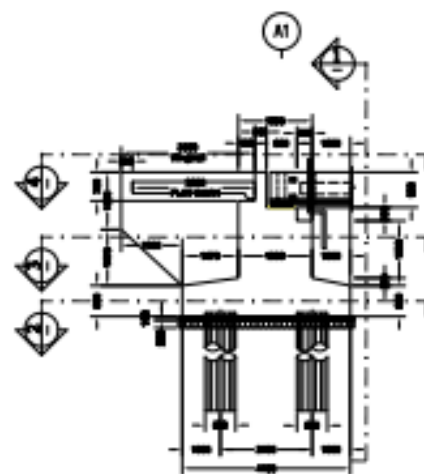
PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API JAS-1 BH-08, KM 4+857

CAPWAP FINAL RESULTS

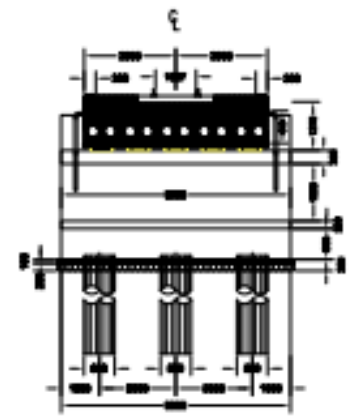
Total CAPWAP Capacity:4714.3			along Shaft:2825.2			at Toe:1889.1 kN				
Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru kN	Force in Pile at Ru kN	Sum of Ru kN	Unit Resist. w. Respect to Depth kN/m	Resist. Area kPa	Smith Damping Factor s/m	Quake mm	
				4714.3						
1	0.68	1.34	166.8	4547.4	166.8	246.5	98.1	0.145	3.147	
2	1.35	2.01	142.3	4405.2	309.1	210.2	83.6	0.185	3.013	
3	2.03	2.69	120.1	4285.0	429.2	177.4	70.6	0.224	2.885	
4	2.71	3.37	100.4	4184.6	529.7	148.3	59.0	0.263	2.763	
5	3.38	4.04	83.1	4101.5	612.8	122.8	48.9	0.301	2.646	
6	4.06	4.72	68.3	4033.2	681.0	100.8	40.1	0.338	2.534	
7	4.74	5.40	55.8	3977.4	736.9	82.5	32.8	0.375	2.428	
8	5.42	6.08	45.9	3931.5	782.7	67.7	26.9	0.411	2.328	
9	6.09	6.75	38.3	3893.3	821.0	56.6	22.5	0.446	2.233	
10	6.77	7.43	49.6	3843.6	870.7	73.3	29.2	0.481	2.144	
11	7.45	8.11	58.9	3784.7	929.6	87.0	34.6	0.515	2.061	
12	8.12	8.78	65.8	3718.9	995.4	97.2	38.7	0.548	1.983	
13	8.80	9.46	70.2	3648.7	1065.6	103.7	41.3	0.581	1.910	
14	9.48	10.14	72.2	3576.5	1137.8	106.6	42.4	0.613	1.843	
15	10.15	10.81	71.7	3504.8	1209.5	106.0	42.2	0.645	1.782	
16	10.83	11.49	68.9	3435.9	1278.4	101.7	40.5	0.675	1.726	
17	11.51	12.17	65.3	3370.6	1343.7	96.4	38.4	0.705	1.676	
18	12.19	12.85	68.4	3302.2	1412.1	101.1	40.2	0.735	1.631	
19	12.86	13.52	71.6	3230.5	1483.7	105.8	42.1	0.764	1.592	
20	13.54	14.20	74.8	3155.8	1558.5	110.5	44.0	0.792	1.558	
21	14.22	14.88	78.0	3077.8	1636.5	115.2	45.8	0.819	1.530	
22	14.89	15.55	81.2	2996.6	1717.7	119.9	47.7	0.846	1.508	
23	15.57	16.23	84.4	2912.2	1802.1	124.7	49.6	0.873	1.509	
24	16.25	16.91	87.6	2824.6	1889.7	129.4	51.5	0.898	1.520	
25	16.92	17.58	90.8	2733.8	1980.5	134.2	53.4	0.923	1.526	
26	17.60	18.26	94.1	2639.7	2074.6	139.0	55.3	0.947	1.527	
27	18.28	18.94	97.3	2542.3	2171.9	143.8	57.2	0.971	1.521	
28	18.96	19.62	100.6	2441.7	2272.6	148.7	59.2	0.994	1.510	
29	19.63	20.29	103.9	2337.8	2376.5	153.5	61.1	1.016	1.506	
30	20.31	20.97	107.2	2230.5	2483.8	158.4	63.0	1.038	1.528	
31	20.99	21.65	110.5	2120.0	2594.3	163.3	65.0	1.059	1.556	
32	21.66	22.32	113.8	2006.2	2708.1	168.1	66.9	1.079	1.589	
33	22.34	23.00	117.1	1889.1	2825.2	172.9	68.8	1.099	1.627	
Average Skin Values			85.6			126.5	50.3	0.676	1.935	
Toe			1889.1				3757.9	0.467	1.589	
case Damping Factor/Extensions						Skin		Toe		
Unloading Quake			(% of loading quake)			0.470		0.155		
Reloading Level			(% of Ru)			20		100		
Unloading Level			(% of Ru)			100		100		
						33				



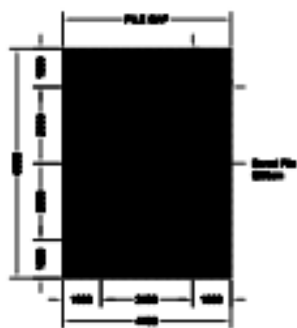
KETERANGAN		
REVISI		
NO	TANGGAL	KETERANGAN PERUBAHAN
 KEMENTERIAN PERHUBUNGAN DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN J. BERSAMA SAMA NO. 8 JAKARTA		
PEMBERI TUGAS :		
DALAM TEKNIK PERKERETAAPIAN MELAYAN SUMATERA BAGIAN UTARA J. BERSAMA SAMA NO. 238 NEWA SELAYUB, SUMEDERA LINDA		
DIKETAHUI OLEH :		
SHOP DRAWING		
DIPERIKSA OLEH :		
KONSULTAN SUPERVISI		
 PT. EKA SURYA ALAM KONSULTAN SUPERVISI TEKNIK		
DIBUAT OLEH :		
KONTRAKTOR PELAKSANA		
 PT. EKA SURYA ALAM Grand Cendana Gedung Gedung No. 44 Jl. Raya, Yogyakarta		
Nama Gambar :		
BANGUNAN BANGUNAN BANGUNAN		
Kode	Nomor	Skala
010	01	1:200



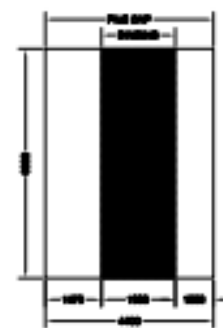
TAMPILAN SAMPING ABUTMENT A1&A2
SKALA 1:50



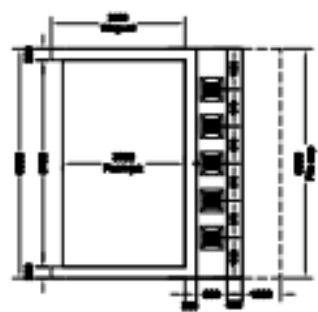
POTONGAN 1
SKALA 1:50



POTONGAN 2
SKALA 1:50



POTONGAN 3
SKALA 1:50



POTONGAN 4
SKALA 1:50

KETERANGAN

REVISI

KEMENTERIAN PERENCANAAN
NOMOR 10001/PER/PLN/2010
J. SUDIRTA, S.T., M.Eng., Ph.D.

PEKERJA TUJUAN :

DALAM RANGKAIAN PERENCANAAN
MELAKUKAN SURVEI BAGIAN UTAMA
J. SUDIRTA, S.T., M.Eng., Ph.D.

SIKSAKANDI UJIAN :

NO. UJIAN	
NO. UJIAN	
NO. UJIAN	

SHOP DRAWING

SIKSAKANDI UJIAN :

KONSULTAN SUPERVISI



NO. UJIAN	
NO. UJIAN	

SIKSAKANDI UJIAN :

KONTRAKTOR PELAKSANA



NO. UJIAN	
NO. UJIAN	
NO. UJIAN	

Nama Gambar :

DIRIBU ABUTMEN BH 8

Kode	Nomor	Skala

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Rahma Nur Afifa
Panggilan : Rahma
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 21 Mei 1999
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jalan Karya Kasih Gg. Meteorologi No.17
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Suriyanto
Ibu : Hj. Masaida Tarigan
No.HP : 085262120934
E-Mail : rahmanurafifa21@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1707210141
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD 064988 Medan	2011
2	SMP	SMP Swasta ERIA Medan	2014
3	SMA	SMP Swasta ERIA Medan	2017
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2017 sampai selesai.		