

ANALISIS DAYA DUKUNG BORED PILE PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN BAHBOLON DI JALAN TOL RUAS SERBALAWAN-PEMATANGSIANTAR (STA 57 + 170,655)

¹Asril Nizar, ²Ira Modifa, ³M Ade Kurnia Harahap, ⁴Rolando Sihombing, ⁵Egi Pangestu

^{1,2,3,4}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Simalungun

⁵Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Simalungun

ABSTRAK

Pondasi bored pile adalah teknik membangun pondasi dalam menggunakan bantuan mata bordengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, lalu memasang tulangan dan dicor. Pengujian SPT dilakukan untuk mengetahui parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah serta daya dukung tanah di lapangan. Didapatkan kapasitas daya dukung yang menggunakan metode Reese and Wrieght pada titik P1 dan P2 yaitu : 557,8 ton dan 353,6 ton. Sedangkan kapasitas daya dukung bored pile yang menggunakan metode Reese and O'Niel pada titik P1 dan P2 yaitu, 577.76 ton dan 365,57. Dimana diperoleh hasil tes PDA dilangan yaitu, 575 ton pada titik P1 dan 339 ton pada titik P2. Berdasarkan analisis dan pembahasan diatas didapatkan hasil, penurunan yang terjadi 0.009 m dan batas penurunan yang diizinkan 0.08 m. Sehingga penurunan yang terjadi masih aman karena penurunan yang terjadi masih dibawah batas penurunan yang diizinkan.

Kata Kunci : Bored Pile, Reese and Wrieght, Reese and O'Niel, Penurunan

ABSTRACT

Bored pile foundation is a technique for building a foundation using a drill bit by drilling the ground first, then installing reinforcement and casting. SPT testing is carried out to determine the parameters of soil penetration resistance and the bearing capacity of the soil in the field. The carrying capacity obtained using the Reese and Wrieght method at points P1 and P2 is: 557.8 tons and 353.6 tons. Meanwhile, the carrying capacity of the bored pile using the Reese and O'Niel method at points P1 and P2 is 577.76 tons and 365.57 tons. Where the PDA test results obtained in the field were, 575 tons at point P1 and 339 tons at point P2. Based on the analysis and discussion above, the results show that the decline that occurred was 0.009 m and the permitted decline limit was 0.08 m. So the decline that occurs is still safe because the decline that occurs is still below the permitted decline limit.

Keywords: Bored Pile, Reese and Wrieght, Reese and O'Niel, Decline

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era 4.0 semakin berkembang yang diikuti oleh kemajuan pada pembangunan infrastruktur. Infrastruktur menjadi program utama di pemerintahan Negara Indonesia saat ini.

Infrastruktur menjadi salah satu bagian penting dalam perkembangan stabilitas ekonomi. Penyediaan infrastruktur menjadi sangat penting karena kebutuhan masyarakat semakin meningkat serta berkembang pesat, khususnya pada pembangunan jalan tol. Jalan

tol merupakan infrastruktur yang dibangun agar distribusi kendaraan menjadi lebih baik karena mengurangi kemacetan pada jalan raya. Jalan tol menjadi jalan alternatif yang tertutup dan berbayar. Jalan tol diharapkan mampu menyerap kendaraan bermuatan besar seperti truck, bus dan lainnya. Pembangunan jalan tol ini bertujuan untuk mengurangi kemacetan di jalan raya, menjadi penghubung antar pulau, dan meningkatkan perekonomian negara dan lain sebagainya.

Jenis pondasi yang digunakan pada pembangunan Jembatan Bahbolon Ruas Jalan Tol Tebing Tinggi – Pematangsiantar adalah pondasi tiang bor. Pondasi tiang bor dipilih digunakan karena kondisi tanah tertentu pada daerah pembangunan yang harus direncanakan dan disepakati bersama serta hal-hal yang menyangkut daya dukung dan penurunannya, agar dapat dipertimbangkan kegunaannya berdasarkan faktor keamanannya.

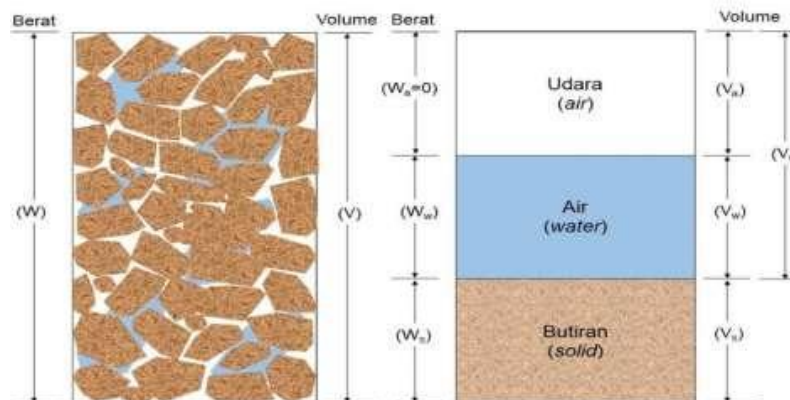
Pondasi adalah suatu konstruksi bagian struktur bawah yang berfungsi sebagai penyalur beban struktur bagian atas ke lapisan tanah pendukung. Pondasi adalah bagian dari

dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (Bowles, 1997).

Pondasi dalam memiliki permasalahan yang cukup kompleks. Maka dari itu, penulis mencoba mengkonsentrasikan Tugas Akhir ini pada bored pile. Pondasi bored pile adalah teknik membangun pondasi dalam menggunakan bantuan mata bor dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, lalu memasang tulangan dan dicor. Analisis daya dukung bored pile didapat dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan yang terjadi pada ujung tiang.

II. TINJAUAN TEORI

Menurut (Hardiyatmo, 1992) dalam (Apriliyandi, 2017), tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap di antara partikel - partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.



Gambar 1 Diagram Fase Tanah

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Penyelidikan tanah (soil investigation)

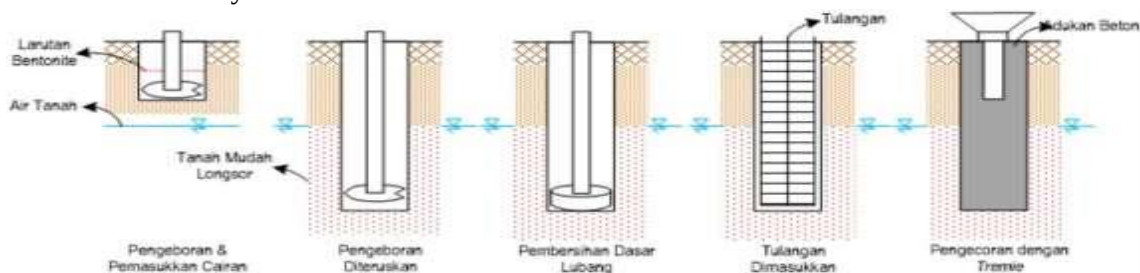
Penyelidikan tanah merupakan pekerjaan awal yang harus dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah, sehingga dapat menentukan penggunaan jenis pondasi dalam atau pondasi dangkal. Penyelidikan

tanah dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah di atas tempat yang akan didirikan suatu bangunan untuk mengetahui daya dukung tanah, muka air tanah dan menentukan besarnya penurunan (*settlement*)

Pengujian SPT dilakukan untuk mengetahui parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah serta daya dukung tanah di lapangan. Pengujian langsung dilapangan dengan metode Standard Penetration Test (SPT) dilakukan dalam satu lubang bor dengan memasukkan tabung sampel yang berdiameter 35 mm sedalam 305 mm, kedalam tanah pada dasar lubang bor dengan memakai suatu beban penumbuk dengan berat 140 lb (63 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 30 in (75cm). Setelah memasuki kedalam tanah 6 in (15 cm) jumlah pukulan ditentukan untuk memasukkannya kedalam sedalam 12 in (30cm) berikutnya. Jumlah pukulan inidisebut nilai N (N value) atau Number of blows.

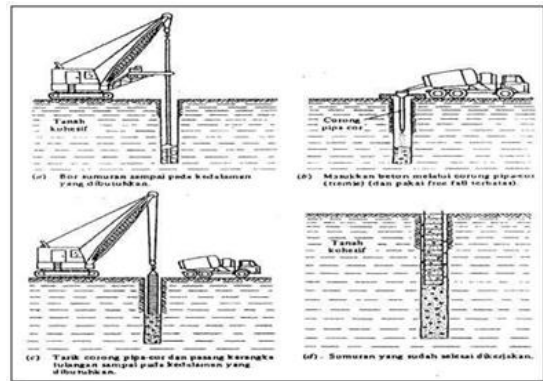
Pondasi adalah suatu konstruksi bagian struktur bawah yang berfungsi sebagai penyalur beban struktur bagian atas ke lapisan tanah pendukung . Pondasi adalah bagian dari dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (Bowles, 1997). Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ketanah atau batuan yang berada dibawahnya (Hardiyatmo, 1996).

Pondasi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan pondasi yang akan digunakan tergantung pada dua faktor, yaitu faktor teknis dan non-teknis. Faktor teknis yang harus diperhitungkan seperti beban yang yang direncanakan bekerja, jenis lapisan tanah dan faktor non - teknis yang harus dipertimbangkan juga yaitu waktu pekerjaan konstruksi serta biaya konstruksi



Metode Pelaksanaan Pondasi Bored Pile Metode Kering (Dry Drilling)

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. Metode ini membutuhkan tanah tempat proyek yang tak berlekuk dan permukaan air di bawah dasar sumuran atau jika permeabilitasnya cukup rendah, sumuran bila digali dan dibeton sebelum sumuran terisi air cukup banyak sehingga bias mempengaruhi kekuatan beton.



Gambar 2 Proses Pelaksanaan Metode Kerin

(Sumber: Sosrodarsono, 2000)

Metode Basah (Wash Boring)

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

Gambar 3 Proses Pelaksanaan Metode Basah

(Sumber: Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

Pile Driving Analyzer (PDA)

Pile driving analyzer atau biasa disebut PDA adalah suatu alat uji digital yang dilengkapi sensor accelerometer dan strain transducer. PDA didasarkan pada analisis data hasil rekaman getaran gelombang yang terjadi pada waktu tiang dipukul dengan palu pancang. Uji pembebanan untuk mencari daya dukung menggunakan beban dinamik dengan sebuah sistem komputerisasi yang dilengkapi dengan strain transducer dan accelerator untuk menentukan gaya dan kecepatan dalam bentuk grafik, pada saat pondasi tiang yang diuji dipukul dengan hammer. PDA dilakukan dengan menggunakan hammer pancang yang ada. Tumbukan yang terjadi akan menghasilkan gelombang, pembacaan gaya dan kecepatan gelombang adalah dasar untuk menghitung daya dukung pondasi.

Kapasitas daya dukung bore pile yaitu kemampuan tiang bor untuk menopang beban bangunan di atasnya. Daya dukung tiang memiliki satuannya yaitu satuan gaya (kN). Beberapa literatur menggunakan istilah pile carry capacity atau pile capacity.

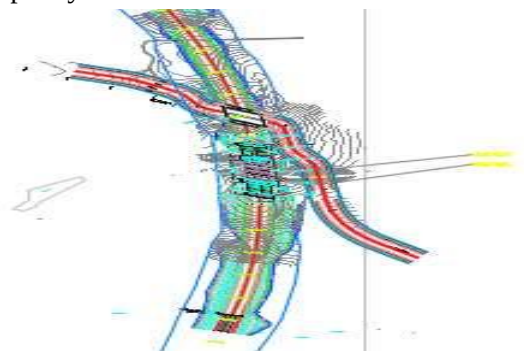
Standard Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan dplit spoon kedalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan relative (relative density), sudut geser tanah (Φ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT

III. METODE PENELITIAN

Data Umum

Rincian data umum proyek Pemabangunan Jalan Tol Ruas Jalan Tebing Tinggi - Pematangsiantar:

1. Nama Proyek : Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Pematangsiantar
2. Pemilik Proyek (Owner) : PT. Hutama Marga Waskita
3. Konsultan Pengawas (MK) : PT. Multi-Bina Karya, KSO
4. Kontrktor Pelaksana : PT. Hutama Karya (Persero)
5. Lokasi Proyek : Gambar 4



Gambar 4 Lokasi Proyek

(Sumber: Data Lapangan, 2022)\

Data Teknis Bored Pile

Data ini diperoleh dari pihak kontraktor dengan data sebagai berikut:

1. Panjang Tiang Bored Pile : 13 m
2. Dimensi Tiang Bored Pile : 80 cm
3. Mutu Beton Tiang Bored Pile : Fc 30 Kelas B2
4. Mutu Baja : Bj.Td 40
5. Diameter Tulangan : D19
6. Detail Data SPT : Tabel 1 dan Tabel 2
7. Detail Tiang Bored Pile : Gambar 5

Tabel 1 Data boring log P1

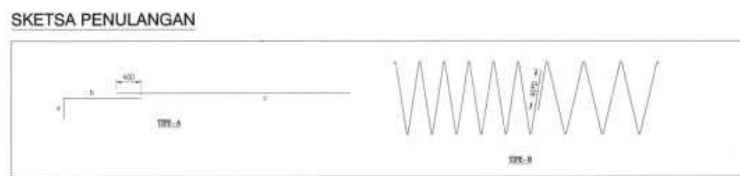
Depth	Jenis Tanah	N-SPT
2	Clay, brown, high plasticity, medium moisture content	10
4,5	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60
6	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60
8	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60
10	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60
12	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
14	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
16	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
18	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
20	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
22	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
24	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60

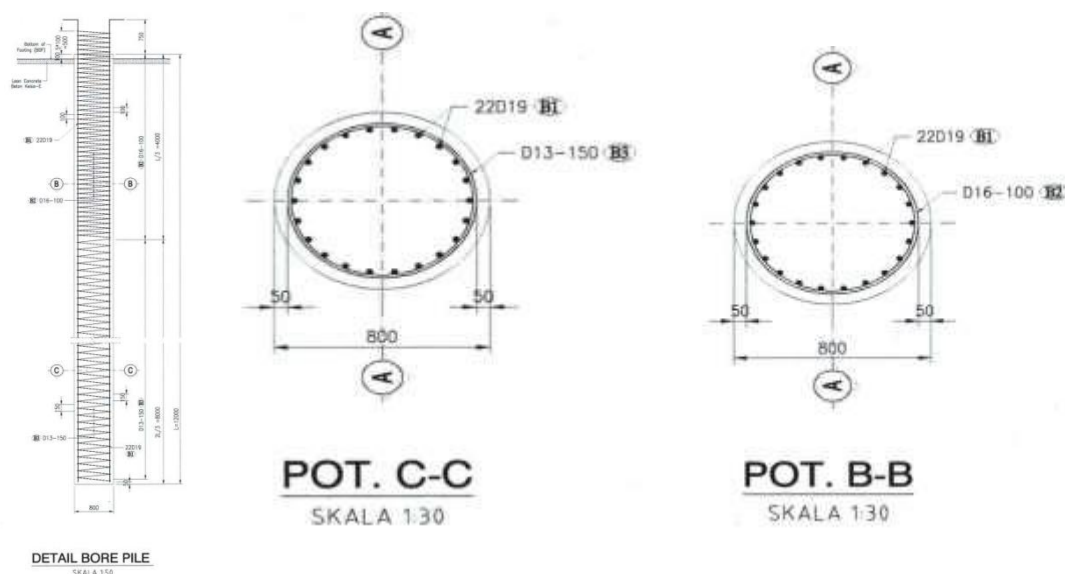
(Sumber: Data Lapangan, 2022)

Tabel 2 Data boring log P2

Depth	Jenis Tanah	N-SPT
2	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	4
3.3	Clayey sand, grey, non-plasticity, high moisture content	23
6	Clayey sand, grey, non-plasticity, high moisture content	60
8	Clayey sand, grey, non-plasticity, high moisture content	60
10	Clayey sand, grey, non-plasticity, high moisture content	60
12	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60
14	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60
15	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
16	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
18	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
20	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
22	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60
24	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60

(Sumber: Data Lapangan, 2022)





Gambar 5 Detail Tiang Bored Pile

Sumber: Data Lapangan, 2022)

Metode Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan data data yang berkaitan dengan studi. Data tersebut didapatkan dari supervisi PT. Utama Marga Waskita. Adapun data yang diperoleh dan dibutuhkan, yaitu:

1. Detail bored pile,
2. Data Boring Log, dan
3. Data PDA

memiliki satuannya yaitu satuan gaya (kN) atau Ton. Beberapa literatur menggunakan istilah pile carry capacity atau pile capacity.

Untuk mengetahui kapasitas daya dukung diperlukan N' atau Nilai N_{spt} rata-rata. N_{spt} rata-rata didapat dari hasil penjumlahan N_{spt} ke-1 sampai N_{spt} ke-n yang hasilnya dibagi dengan n.

Rumus :

$$N' = \frac{\text{Jumlah } N_1 \text{ ke } N_n}{n}$$

Nilai N_{spt} didapat dari pengujian tanah berdasarkan tes boring log. Untuk mengetahui letak tanah keras dan jenis tanah. Tanah keras memiliki nilai N_{spt} sebesar 60.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menghitung Kapasitas Daya Dukung Bored Pile

Kapasitas daya dukung bore pile yaitu kemampuan tiang bor untuk menopang beban bangunan diatasnya. Daya dukung tiang

Tabel 3 Nilai N rata - rata pada titik P1

Depth	Jenis Tanah	N-SPT	N'
0	Clay, brown, high plasticity, medium moisture content	0	0
2	Clay, brown, high plasticity, medium moisture content	10	10
4,5	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	35
6	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	43,33
8	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	47,5
10	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	50
12	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	51,67
14	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	52,86
16	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	53,75
18	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	54,44
20	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	55

22	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	55,45
24	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	55,83

Tabel 3 Nilai N rata - rata pada titik P2

Depth	Jenis Tanah	N-SPT	N'
0	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	0	0
2	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	4	4
3,3	Clayey sand, grey, non-plasticity, high moisture content	23	13,5
6	Clayey sand, grey, non-plasticity, high moisture content	60	29
8	Clayey sand, grey, non-plasticity, high moisture content	60	36,75
10	Clayey sand, grey, non-plasticity, high moisture content	60	41,4
12	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	44,5
14	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	46,71
16	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	48,375
18	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	49,67
20	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	50,7
22	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	51,54
24	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	52,25

Metode Reese & Wrieght 1977

Perhitungan kapasitas daya dukung bored pile dari data SPT memakai metode Reese & Wrieght 1977.

Data bored pile:

Diameter (D) = 800 mm = 0,8 m

Keliling Tiang = $\pi \times D = 3,14 \times 0,8$
= 2,512 m

Luas Bored Pile = $\frac{1}{4} \pi . D^2$
= $\frac{1}{4} . 3,14 . 0,8^2$
= $0,5024 \text{ m}^2$

Perhitungan kapasistas daya dukung bored pile pada titik P1:

a. Lapisan tanah dengan kedalaman 2 meter:

Daya dukung ujung pondasi bored pile (End Bearing)

$Q_p = 9 . C_u . A$

$C_u = \frac{2}{3} . N . 10$
= $\frac{2}{3} . 10 . 10$

$C_u = 66,67 \text{ KN/m}^2 = 6,798 \text{ t/m}^2$

$A = \frac{1}{4} \pi . D^2$
= $\frac{1}{4} . 3,14 . 0,8^2$
= $0,5024 \text{ m}^2$

$Q_p = 9 . C_u . A$
= $9 . 6,798 \text{ t/m}^2 . 0,5024 \text{ m}^2$
= 30,74 ton

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$Q_s = \alpha . C_u . P . L$
= $0,55 . 6,798 \text{ t/m}^2 . 2,512 \text{ m} . 2 \text{ m}$
= 18,78 ton

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$Q_u = Q_p + Q_s$
= 30,74 ton + 18,78 ton
= 49,52 ton

b. Lapisan tanah dengan kedalaman 10 meter:

$Q_p = q_p . A$

$q_p = 7N'$
= 7 . 50
= 350 t/m^2
 $A = \frac{1}{4} \pi . D^2$
= $\frac{1}{4} . 3,14 . 0,8^2$
= $0,5024 \text{ m}^2$

$Q_p = q_p . A$
= $361,69 \text{ t/m}^2 . 0,5024 \text{ m}^2$
= 175,84 ton

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$Q_s = 0,2 . N' . P . L$
= $0,2 . 50 . 2,512 \text{ m} . 10 \text{ m}$
= 251,2 ton

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 175,84 \text{ ton} + 251,2 \text{ ton} \\ &= 427,04 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Lapisan tanah dengan kedalaman 12 meter:

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A \\ q_p &= 7N' \\ q_p &= 7 \cdot 51,67 \\ &= 361,69 \text{ t/m}^2 \\ A &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,82 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A \\ &= 361,69 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 181,71 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,2 \cdot N' \cdot P \cdot L \\ &= 0,2 \cdot 51,67 \cdot 2,512 \text{ m} \cdot 12 \text{ m} \\ &= 311,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 181,71 \text{ ton} + 311,5 \text{ ton} \\ &= 493,22 \text{ ton} \end{aligned}$$

d. Lapisan tanah dengan kedalaman 14 meter:

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A \\ q_p &= 7N' \\ q_p &= 7 \cdot 52,86 \\ &= 370,02 \text{ t/m}^2 \\ A &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,82 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A \\ &= 370,02 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 185,9 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,2 \cdot N' \cdot P \cdot L \\ &= 0,2 \cdot 52,86 \cdot 2,512 \text{ m} \cdot 14 \text{ m} \\ &= 371,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 185,9 \text{ ton} + 371,8 \text{ ton} \\ &= 557,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

e. Lapisan tanah dengan kedalaman 24 meter:

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A \\ q_p &= 7N' \\ q_p &= 7 \cdot 55,83 \\ &= 390,81 \text{ t/m}^2 \\ A &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,82 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A \\ &= 390,81 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 196,34 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,2 \cdot N' \cdot P \cdot L \\ &= 0,2 \cdot 55,83 \cdot 2,512 \text{ m} \cdot 24 \text{ m} \\ &= 673,18 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 196,34 \text{ ton} + 673,18 \text{ ton} \\ &= 869,52 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas daya dukung bored pile pada titik P2:

a. Lapisan tanah dengan kedalaman 2 meter:

Daya dukung ujung pondasi bored pile (End Bearing)

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \cdot C_u \cdot A \\ C_u &= \frac{2}{3} \cdot N \cdot 10 \\ &= \frac{2}{3} \cdot 4 \cdot 10 \\ C_u &= 26,67 \text{ KN/m}^2 = 2,72 \text{ t/m}^2 \\ A &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,82 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \cdot C_u \cdot A \\ &= 9 \cdot 2,72 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 12,3 \text{ ton} \end{aligned}$$

-Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot P \cdot L$$

$$= 0,55 \cdot 2,72 \text{ t/m}^2 \cdot 2,512 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}$$

$$= 7,52 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 12,3 \text{ ton} + 7,52 \text{ ton}$$

$$= 19,82 \text{ ton}$$

b. Lapisan tanah dengan kedalaman 10 meter:

$$Q_p = q_p \cdot A$$

$$q_p = 7N'$$

$$q_p = 7 \cdot 41,4$$

$$= 289,8 \text{ t/m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,82$$

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

$$Q_p = q_p \cdot A$$

$$= 289,8 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2$$

$$= 145,60 \text{ ton}$$

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$$Q_s = 0,2 \cdot N' \cdot P \cdot L$$

$$= 0,2 \cdot 41,4 \cdot 2,512 \text{ m} \cdot 10 \text{ m}$$

$$= 208 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 145,60 \text{ ton} + 208 \text{ ton}$$

$$= 353,6 \text{ ton}$$

c. Lapisan tanah dengan kedalaman 12 meter:

$$Q_p = q_p \cdot A$$

$$q_p = 7N'$$

$$q_p = 7 \cdot 44,5$$

$$= 311,5 \text{ t/m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,82$$

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

$$Q_p = q_p \cdot A$$

$$= 311,5 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2$$

$$= 156,5 \text{ ton}$$

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$$Q_s = 0,2 \cdot N' \cdot P \cdot L$$

$$= 0,2 \cdot 44,5 \cdot 2,512 \text{ m} \cdot 12 \text{ m}$$

$$= 268,28 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 156,5 \text{ ton} + 268,28 \text{ ton}$$

$$= 424,78 \text{ ton}$$

d. Lapisan tanah dengan kedalaman 14 meter:

$$Q_p = q_p \cdot A$$

$$q_p = 7N'$$

$$q_p = 7 \cdot 46,71$$

$$= 326,97 \text{ t/m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,82$$

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

$$Q_p = q_p \cdot A$$

$$= 326,97 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2$$

$$= 164,27 \text{ ton}$$

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$$Q_s = 0,2 \cdot N' \cdot P \cdot L$$

$$= 0,2 \cdot 46,71 \cdot 2,512 \text{ m} \cdot 14 \text{ m}$$

$$= 328,54 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimate bored pile yang didapatkan dengan metode Reese & Wrieght 1977, yaitu:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 164,27 \text{ ton} + 328,54 \text{ ton}$$

$$= 492,81 \text{ ton}$$

e. Lapisan tanah dengan kedalaman 24 meter:

$$Q_p = q_p \cdot A$$

$$q_p = 7N'$$

$$q_p = 7 \cdot 52,25 \text{ KN/m}^2$$

$$= 365,75 \text{ t/m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,82$$

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

$$Q_p = q_p \cdot A$$

$$= 365,75 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2$$

$$= 183,75 \text{ ton}$$

Daya dukung selimut pondasi bored pile (Skin Friction)

$$Q_s = 0,2 \cdot N' \cdot P \cdot L$$

$$= 0,2 \cdot 52,25 \cdot 2,512 \text{ m} \cdot 24 \text{ m}$$

$$= 630 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimate bored pile yang $Q_u = Q_p + Q_s$
 didapatkan dengan metode Reese & Wrieght $= 183,75 \text{ ton} + 630 \text{ ton}$
 1977, yaitu: $= 813,75 \text{ ton}$

Tabel 4

Hasil Perhitungan Daya Dukung Di Titik P1 Dengan Metode Reese And Wrieght

Depth	N	N'	Qp	Qs	Qu
2	10	10	30,74	18,78	49,52
4,5	60	35	123	79,13	202,13
6	60	43,33	152,38	130,61	282,99
8	60	47,5	167	190,91	357,91
10	60	50	175,84	251,2	427,04
12	60	51,67	181,71	311,51	493,22
14	60	52,86	185,9	371,8	557,8
16	60	53,75	189	432,1	621,1
18	60	54,44	191,45	492,31	683,76
20	60	55	193,42	552,64	746,06
22	60	55,45	195	612,88	807,88
24	60	55,83	196,34	673,18	869,52

Tabel 5

Hasil Perhitungan Daya Dukung Di Titik P2 Dengan Metode Reese And Wrieght

Depth	N	N'	Qp	Qs	Qu
2	4	4	12,3	7,52	19,82
3,3	23	13,5	47,48	22,38	69,86
6	60	29	101,99	87,42	189,41
8	60	36,75	129,24	147,71	276,95
10	60	41,4	145,60	208	353,6
12	60	44,5	156,5	268,28	424,78
14	60	46,71	164,27	328,54	492,81
16	60	48,375	170,125	388,86	558,985
18	60	49,67	174,68	449,18	623,86
20	60	50,7	178,3	509,43	687,73
22	60	51,54	181,26	569,66	750,89
24	60	52,25	183,75	630	813,75

Menentukan Tiang Panjang Atau Pendek

Data yang diperoleh dan digunakan sebagai berikut:

Diameter Tiang (D) = 80 cm

Panjang tiang (L) = 300 cm

Mutu beton (F'c) = 35 MPa = 350 kg/cm²

Jarak horizontal tanah (e) = 0

Kuat lentur tiang (σ_{lt}/F_b) = $0,4 \times 350 = 140$ kg/cm²

Momen Inersia tiang (I_p) = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 402 = 2.009.600 \text{ cm}^4$

Modulus Elastis tiang (E_p) = $4700\sqrt{35} = 27.805,5 \text{ MPa} = 278.055 \text{ kg/cm}^2$

Nilai kohesi rata-rata = $\frac{2}{3} \times N \times 10$

Penentuan Tiang Panjang Atau Pendek di Berdasarkan Hasil Perhitungan

Tabel 6 Nilai rata - rata kohesi tanah

Depth	Jenis Tanah	N-SPT	Cu
-------	-------------	-------	----

0	Clay, brown, high plasticity, medium moisture content	0	0
2	Clay, brown, high plasticity, medium moisture content	10	66,67
4,5	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
6	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
8	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
10	Sand, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
12	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
14	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
16	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
18	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
20	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
22	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400
24	Sandstone, grey, non-plasticity, low moisture content	60	400

Cu rata - rata = 372,2225
= 3,794 kg/cm²

Tabel 7 Reaksi Subgrade Menurut Tergazi (1955)

Konsistennsi	Kaku	Sangat kaku	Keras
Kohesi (Cu)	100 - 200	200 - 400	> 400
	1 - 2	2-4	>4
K1	18 - 36	36-72	>72
	1,8 - 3,6	3,6-7,2	>7,2
K1 (Rekomendasi)	27	54	>108
	2,7	5,4	>10,8

Syarat penentuan pada 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 pada persyaratan tiang panjang atau pendek maka:

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

V. KESIMPULAN

Pada pembahasan analisis daya dukung bored pile pada Pembangunan

Jembatan Bahbolon didapatkan beberapa hasil, sebagai berikut:

1. Didapatkan kapasitas daya dukung yang menggunakan metode Reese and Wrieght pada titik P1 dan P2 yaitu; 557,8 ton dan 353,6 ton. Sedangkan kapasitas daya dukung bored pile yang menggunakan metode Reese and O'Niel pada titik P1 dan P2 yaitu; 577,76 ton dan 365,57. Dimana diperoleh hasil tes PDA dilapangan yaitu; 575 ton pada titik P1 dan 339 ton pada titik P2. Faktor aman untuk daya dukung minimal sebesar 300 ton dengan safety faktor. Dimana hasil pembahasan dan perhitungan sudah melebihi batas minimal sebesar 300 ton.
2. Berdasarkan analisis dan pembahasan diatas didapatkan hasil, penurunan yang terjadi 0,009 m dan batas penurunan yang diizinkan 0,08 m. Sehingga penurunan yang terjadi masih aman karena penurunan

yang terjadi masih dibawah batas penurunan yang diizinkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifa, Rahmi Nur. 2021. Analisa Daya Dukung Bore Pile Pada Pembangunan Jembatan Kereta Api Antara Araskabu-Tebing Tinggi Dan Jalan Lintas Tebing Tinggi-Siantar (Studi Kasus), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Apriliyandi, Emiril. 2017. Analisis Aplikasi Pemberian Air Irigasi Dengan Metode SRI (System Of Rice Intensification) Di Desa Banjar Sari Kecamatan Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur. Skripsi. Nusa Tenggara Barat: Universitas Mataram.
- Bowles, J. E. (1997). ANALISIS DAN DESAIN PONDASI JILID 2. Jakarta: ERLANGGA
- 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.
- Dr. Ir. Suyono Sosrodarsono, K. N. (2000). MEKANIKA TANAH DAN TEKNIK PONDASI. Jakarta: PT. PRADNYA PARAMITA.
- Harahap, A. K., & Damanik, D. (2021). Evaluasi Pembangunan Drainase di Jalan Jambuara Nagori Buntu Bayu STA 0.000 – STA 3.000 Kecamatan Hatanduhan Kabupaten Simalungun. Jurnal Santeksipil, 1(1). <https://doi.org/10.36985/jsl.v1i1.10>
- Hardiyatmo, H.C. (2002). “Analisis dan Perancangan Teknik Pondasi I Edisi ke II”, Beta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2008). “Teknik Pondasi II Edisi ke II Cetakan ke-4”, Beta Offset, Yogyakarta.
- Harsanto, Christian, Fabian J Manoppo, J R Sumampouw. 2015. Analisis Daya Dukung Tiang Bor (Bored Pile) Pada Struktur Pylon Jembatan Soekarno Dengan Plaxis 3D. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Hary Christady Hardiyatmo, 1996, Teknik Pondasi I, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Munawaroh, Mumun, Arief Mudianto, Hikmad Lukman. 2020. Analisis Daya Dukung Lateral Kelompok Tiang Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Fly Over Martadinata Bogor, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor.
- Nizar, H. A., & Purba, V. E. (2021). Evaluasi Jalan Rabat Beton baru pada STA 2.000 -STA 3.000 di Jalan Jambuara Nagori Buntu Bayu Kecamatan Hatanduhan Kabupaten Simalungun. Jurnal Santeksipil, 1(1). <https://doi.org/10.36985/jsl.v1i1.8>
- Prakarsa, Adi Guna, Arief Rijaluddin. 2016. Analisa Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) Tunggal Dengan Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Yogya Toserba II Majalengka). Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Majalengka.
- Ramadhan, Irpan. 2019. Analisa Daya Dukung Pondasi Bore Pile BH 48 Dengan Program Software Plaxis (Studi Kasus Jalan Layang Kereta Api Medan- Kualanamu KM3+300), Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Reese, Lymon C. and Wright, Stephen J, 1977. Drilled Shaft Manual, Washington, D. C: U. S. Dept. of Transportation Federal Highway Administration, Offices of Research

- and Development, Implementation Division.
- Ressee and O'Neil. 1989. New Design Method for Drilled Shaft From Common Soil and Rock Test. Foundation Eng. Current Principles and Practices. 1026 - 1039.
- Saragih, D. S., Modifa, I., & Rinaldi, A. (2021). Evaluasi Tebal Perkerasan Kaku (Rigidpavement) Pada Jalan Tol Tebing Tinggi – Serbelawan Berdasarkan Metode Bina Marga 2017 Dan PCA. Jurnal Santeksipil, 1(2).
<https://doi.org/10.36985/jsl.v1i2.12>
- Sianturi, N. M. ., & Saragih, D. S. (2021). Evaluasi Pembangunan Drainase Ringroad Pangururan – Tomok STA 32+000 Sampai Dengan STA 38+000 Di Kabupaten Samosir. Jurnal Santeksipil, 1(1).
<https://doi.org/10.36985/jsl.v1i1.9>
- Simbolon, J. A., Modifa, I., & Nizar, A. (2021). Manajemen Resiko Pada Pembangunan Jembatan ONAN GODANG Pada Ruas Jalan Provinsi Gonting–Janji Raja Kabupaten Samosir. Jurnal Santeksipil, 2(2), 82-88
- Vesic, AS. 1977. Design of Pile Foundations. NCHRRP Synthesis of Practice. No.42. Transportation Research Board. Washington DC.