

PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN METODE ANALITIS DAN PILE DRIVING ANALYZER TEST JEMBATAN WAITUNSA**Alicya Lawalata¹⁾, Sjafrudin Latar²⁾, Reny James Betaubun³⁾**^{1,2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon¹⁾liciaalicya18@gmail.com, ²⁾sjafrudin.latar07@gmail.com, ³⁾reni18betaubun@gmail.com**ABSTRACT**

Waitunsa Bridge is located in Siwalalat subdistrict, Eastern Seram Regency Siwalalat Seram Regency, Laimu Werinama Road Section with a Stretch Length of 300 M and a Width of 9 M. During the project implementation, the foundation work on the bridge was piling, where the planned piles that went into the ground were 1150 KN, but when tested using the Pile Driving Analyzer (PDA) Test, it had exceeded the planned limit, the piles that entered the ground were more than 3000 KN. The aim of this research is to analyze the bearing capacity value of a single pile foundation using analytical methods on the Wai Tunsa bridge, East Seram and to obtain a comparison of the calculation results using the analytical method and the results of the Pile Driving Analyzer test on the foundation of the Wai Tunsa bridge, Seram. East. In writing the methods used to analyze the bearing capacity of piles are the Meyerhoff method, Tomlinson method, as well as the reduction in pile foundations and well foundations is the Meyerhof method. The results of calculations carried out at 3 points, namely Abutment 1 (A1), Pier 1 (P1), and Abutment 2 (A2) on the Waitunsa Bridge work, Siwalalat subdistrict, East Seram Regency, from the results of manual analysis, it can be concluded that the Tomlinson method has good value. is closer than the Mayerhoff method to the PDA Test. $Q_u = 402.89$ tons compared to 336 - 388 tons at A1, $Q_u = 384.74$ tons compared to 373 - 389 tons at P1, and $Q_u = 397.57$ tons compared to 347 - 389 tons.

ABSTRAK

Jembatan Waitunsa yang terdapat di kecamatan Siwalalat Kabupaten Seram Bagian Timur Ruas Jalan Laimu Werinama dengan Panjang Bentangan 300 M dan lebar 9 M. Pada saat pelaksanaan proyek dalam pengerjaan fondasi jembatan yaitu pemancangan yang dimana direncanakan tiang pancang yang masuk ke dalam tanah adalah 1150 KN, tetapi ketika di uji dengan tes *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test sudah melewati batas yang direncanakan, Tiang pancang yang masuk ke dalam tanah sudah lebih dari 3000 KN. Maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai daya dukung fondasi tiang pancang tunggal dengan metode analitis pada jembatan Wai Tunsa, Seram Bagian Timur dan untuk mendapatkan perbandingan hasil perhitungan dengan metode analitis dan hasil uji tes Pile Driving Analyzer pada fondasi jembatan Wai Tunsa, Seram Bagian Timur. Dalam penulisan metode yang digunakan untuk menganalisis daya dukung tiang pancang adalah metode Meyerhoff, metode Tomlinson, serta penurunan pada fondasi tiang pancang dan fondasi sumuran adalah metode *Meyerhof*. Dari hasil perhitungan dilakukan pada 3 titik yaitu Abutmen 1 (A1), Pier 1 (P1), dan Abutmen 2 (A2) pada pekerjaan Jembatan Waitunsa kecamatan Siwalalat Kabupaten Seram Bagian Timur, dari hasil analisis manual, dapat disimpulkan bahwa metode Tomlinson memiliki nilai yang mendekati dibandingkan metode Mayerhoff dengan pengujian PDA Test. $Q_u = 402,89$ ton berbanding 336 - 388ton pada A1, $Q_u = 384,74$ ton berbanding 373 - 389ton pada P1, dan $Q_u = 397,5$ ton berbanding 347 - 389 ton.

Kata kunci : Perbandingan, Daya Dukung Tiang Pancang, PDA Test

1. PENDAHULUAN

Fondasi merupakan bagian yang paling penting dari bangunan bawah struktur jembatan yang harus meneruskan beban kendaraan serta bagian di atasnya. Apabila fondasi yang direncanakan tidak mampu memikul beban fondasi, maka akan terjadi keruntuhan (*failure*) dan penurunan yang dapat mengakibatkan kerusakan fatal pada bangunan. Menurut Fathonah dkk (2018) tanah yang baik adalah tanah yang mempunyai daya dukung tanah yang tinggi, namun tidak semua jenis tanah mempunyai daya dukung tanah yang tinggi dipengaruhi oleh letak geografis yang berbeda-beda. Untuk menghindari kegagalan yang terjadi, perlu ada pengujian fondasi yang telah dipancang di lapangan secara langsung salah satunya yaitu dengan *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test. *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test biasanya dipakai pada fondasi (tiang pancang dan tiang bor) menggunakan alat khusus berupa monitor tablet yang terintegrasi dengan sensor *strain transducer* dan *accelerometer* serta terhubung dengan palu atau *hammer* menggunakan kapasitas tertentu. Jembatan Waitunsa yang terdapat di kecamatan Siwalalat Kabupaten Seram Bagian Timur Ruas Jalan Laimu Werinama dengan Panjang Bentangan 300 M dan lebar 9 M. Jembatan Waitunsa dibangun sebagai sarana penghubung antara kabupaten seram bagian timur dengan Maluku tengah. Pada saat pelaksanaan proyek dalam proses pengerjaan fondasi jembatan yaitu pemancangan yang dimana direncanakan tiang pancang yang masuk ke dalam tanah oleh konsultan perencanaan adalah 1150 KN, tetapi ketika di uji dengan tes *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test sudah melewati batas yang direncanakan oleh konsultan perencanaan, Tiang pancang yang masuk ke dalam tanah sudah lebih dari 3000 KN.

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang, yaitu metode analitis yaitu *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test. Berdasarkan uraian diatas penyusun ingin menghitung dan memperoleh daya dukung fondasi dan penurunan yang terjadi pada fondasi jembatan serta membuat perbandingan antara metode analitis dan *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test.

Dari latar belakang yang terjadi tersebut Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui hasil Menganalisis nilai daya dukung fondasi tiang pancang tunggal serta Mengetahui besaran nilai perbandingan daya dukung tiang pancang dari metode analitis dan hasil uji tes PDA Test.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Macam-macam Fondasi

Fondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Terdapat dua klasifikasi fondasi, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam.

Macam-macam fondasi:

- Fondasi Dangkal
- Fondasi Dalam
- Fondasi Tiang Pancang

2.2 Pondasi tiang pancang

Tiang pancang adalah bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, atau baja, yang digunakan untuk meneruskan beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah. Fungsi dan kegunaan dari fondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam. Tujuan fondasi tiang pancang adalah untuk menyalurkan beban fondasi ke tanah keras dan untuk menahan beban *vertical*, *lateral* dan beban *uplift*.

2.3 Kapasitas Daya Dukung Dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang (*Pile foundation*) *End Bearing Capacity*

- Daya dukung batas (*ultimate*) ujung fondasi tiang untuk fondasi tiangpancang (*driven pile*) Q_p dalam tons berdasarkan data SPT atau N-SPT dinyatakan oleh persamaan:

$$Q_p = 40 \cdot A_{\text{tiang}} \cdot N_p \dots\dots\dots (1)$$

- Tahanan Selimut Tiang (Q_s) Tiang perpindahan kecil:

$$Q_s = 0,2 \times N \times A_s \dots\dots\dots (2)$$

- Kekuatan Bahan Tiang:

$$P_{\text{tiang}} = \sigma_{\text{tahan}} \cdot A_{\text{tiang}} \dots\dots\dots (3)$$

- Daya Daya Dukung Ultimit Tiang :

$$Q_{\text{tiang}} = Q_p + Q_s \text{ Daya dukung Allowable (ijin)} \dots\dots\dots (4)$$

- Beban Neto yang di ijinan:

$$Q_{\text{all}} - \text{Berat Tiang sendiri} \dots\dots\dots (5)$$

2.4 Daya Dukung Group Fondasi Tiang Pancang

Daya dukung batas/ *ultimate* fondasi group tiang pancang atau Q_{ult} G- Dalam hal ini perhitungan gaya dukung fondasi group dalam perhitungan daya dukung fondasi tiang tunggal di tanah kohesif harus dikalikan dengan jumlah fondasi yang ada dalam satu group serta dikalikan dengan factor efisiensi group, factor efisiensi group E_g .

- Factor efisiensi group :

$$E_g = 1 - \phi \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \dots\dots\dots (6)$$

- Cek daya dukung kelompok tiang

$$Q_{\text{tk}} = E_g \cdot n \cdot Q_{\text{tiang}} \dots\dots\dots (7)$$

2.5 Kapasitas dukung tiang pancang

Perhitungan Kapasitas dukung ultimit neto tiang (Q_u), yaitu dengan menjumlahkan dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_b) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara sisi

tiang dan tanah disekitarnya lalu dikurangi dengan berat sendiri tiang (W_p).

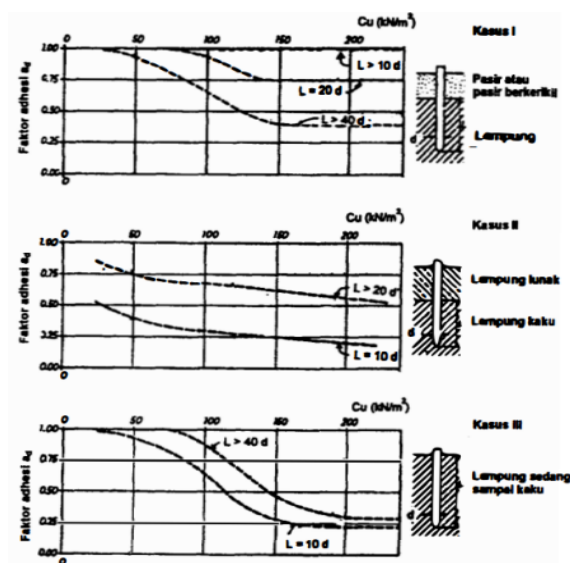
$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \dots\dots\dots (8)$$

2.5.1 Metode Tomlinson

Dalam metode Tomlinson (1977), tahanan gesek tiang juga dinyatakan oleh persamaan :

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot A_s \dots\dots\dots (9)$$

Untuk faktor adhesi, Tomlinson (1977) memperhatikan pengaruh bentuk-bentuk lapisan tanah seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Hubungan Antara Faktor Adhesi Dan Kohesi Untuk Tiang Pancang Dalam Tanah Lempung Tomlinson, 1977 (Sumber : Hardiyatmo, 2022)

Kapasitas Dukung Tiang Pancang

Besarnya beban kerja (*working load*) atau kapasitas dukung tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (F) yang sesuai. Tomlinson (1977) menyarankan untuk faktor aman tidak kurang dari 2,5. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan tiang pancang:

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \dots\dots\dots (10)$$

Kapasitas Dukung Tiang Pancang

Kapasitas ultimit yang dinyatakan dalam persamaan (Terzaghi dan Peck, 1948):

$$Q_g = 2D(B + L)c + 1,3 \cdot c_b \cdot N_c \cdot B_L \dots\dots\dots (11)$$

Kapasitas Dukung Tiang Pancang

Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan oleh persamaan:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u \dots\dots\dots (12)$$

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, namun semuanya hanya bersifat pendekatan. Salah satu dari e-ISSN:2964-5158

persamaan-persamaan efisiensi tiang, yang disarankan oleh Converse-Labarre formula, sebagai berikut:

$$E_g = 1 - 0 \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 m n'} \dots\dots\dots (13)$$

2.5.2 Metode Meyerhof (1956)

Korelasi daya dukung tiang dengan hasil uji SPT yang diusulkan oleh Meyerhof berdasarkan penyelidikan yang dilakukan pada pondasi tiang pancang yang tertanam pada tanah lempung berpasir halus.

$$Q_u = m \cdot N_p \cdot A_p + n \cdot \tilde{N} \cdot A_s \dots\dots\dots (14)$$

Meyerhof menganjurkan nilai $m = 40$ untuk koefisien perlawanan ujung tiang dan nilai $n = 0,2$ untuk koefisien perlawanan gesek tiang pada tanah lempung kepasiran sedangkan $n = 0,5$ pada tanah kelanauan.

Sehingga daya dukung ujung menjadi :

$$Q_p = 40 \cdot N_p \cdot A_p \cdot \tilde{N}_p = (N_1 + N_2)/2 \dots\dots\dots (15)$$

Dan daya dukung selimut tiang menjadi :

$$Q_s = 0,2 \cdot \tilde{N} \cdot A_s \dots\dots\dots (16)$$

3. METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

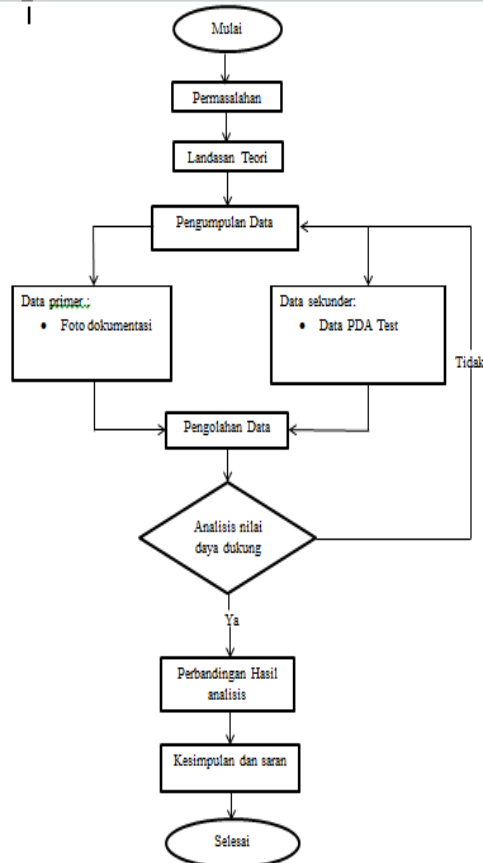
Penelitian ini dilakukan pada Jembatan Wai Tunsu Seram Bagian Timur



Gambar 2. Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Maps)

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan alir penelitian
(Sumber: Peulis, 2022)

3.3 Jenis Data

Jenis data yang diperoleh dari hasil penelitian adalah:

a. Data primer

Di dapatkan dari hasil observasi lapangan di lokasi penelitian, data tersebut berupa gambar proyek yang di dalamnya terdapat hasil PDA Test jembatan tersebut.

b. Data sekunder

berupa data yang diperoleh melalui informasi terpercaya melalui sumber maupun literature, dan jurnal-jurnal peneliti terdahulu.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

a. Metode Lapangan

1) Observasi

Adalah teknik pengumpulan data melalui peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan.

2) Wawancara

Metode ini dilakukan dengan cara mendatangi instansi terkait dan sumber-sumber yang kompeten untuk dijadikan referensi.

b. Metode Kepustakaan

Adalah teknik pengumpulan data yang diarahkan kepada pencarian data dan informasi melalui dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, foto-foto,

gambar, maupun dokumen elektronik yang dapat mendukung dalam proses penulisan.

3.5 Sumber Data

a. Data primer

Data primer yaitu data yang diperoleh peneliti langsung dari kondisi eksisting lapangan.

b. Data sekunder

Data sekunder yaitu data boring dan PDA Test yang diperoleh dari PT.Tiga Ikan Jaga Utama selaku pelaksana dalam proyek jembatan Wai Tunsu Kab. Seram Bagian Timur.

3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga didapatkan sebuah informasi untuk diambil kesimpulan.

a. Variabel Terikat

Adalah variabel yang dipengaruhi, yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam hal ini adalah PDA Test.

b. Variabel bebas

Adalah variabel yang menjadi sebab perubahan timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah metode yang digunakan dalam perhitungan PDA Test. Beberapa metode yaitu metode Meyerhoff, Tomlinson (1977), dan metode CASE.

Untuk menganalisis daya dukung fondasi jembatan menggunakan metode yang telah ditentukan sebagai berikut :

- Analisa data PDA dilakukan dengan prosedur Case Method meliputi pengukuran data kecepatan (*velocity*) dan gaya (*force*) selama pelaksanaan pengujian (*re-strike*) dan perhitungan variabel dinamik secara real time untuk mendapatkan gambaran tentang daya dukung fondasi tiang tunggal. Metode CASE digunakan untuk memprediksi daya dukung tiang:
 - Menghitung cepat rambat gelombang dalam beton (*c*)
 - Menghitung impedansi tiang (*Z*)
 - Menghitung tahanan total tiang (*R_{tl}*)
 - Menghitung tahanan maksimum tiang (*RMX*)
- Metode Tomlinson (1977) adalah metode yang digunakan untuk perencanaan pondasi pada tanah kohesif berdasarkan nilai undrained shear strength (*Cu*) dari tanah lempung. Harga *Cu* ini dapat diperoleh dari uji laboratorium triaxial dan korelasi dari uji lapangan seperti NSPT maupun qc sondir. Metode Tomlinson (1977) digunakan untuk menghitung :
 - Menghitung tahanan ujung ultimit tiang (*Q_b*)

- b. Menghitung tahanan gesek sisi tiang (Q_s)
 - c. Menghitung kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u)
 - d. Menghitung nilai kapasitas dukung ijin tiang (Q_a)
3. Metode Meyerhoff untuk menganalisa daya dukung tiang pancang
 - a. Menghitung daya dukung ujung tiang (Q_p)
 - b. Menghitung tahanan selimut tiang (Q_s)
 - c. Menghitung kekuatan bahan tiang (P_{tiang})
 - d. Menghitung daya dukung ultimate tiang ($Q_{U_{\text{tiang}}}$)
 - e. Menghitung daya dukung Allowable (Q_{all})
 - f. Menghitung beban netto yang diijinkan
 - g. Menghitung efisiensi tiang dalam tanah kohesif (E_g)
 - h. Menghitung daya dukung kelompok tiang (Q_{tk})

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Lapangan Fondasi Tiang Pancang

Data teknis fondasi tiang pancang sebagai berikut:

- a. Panjang tiang pancang tertanam : 20 meter
- b. Diameter tiang pancang : 600 mm (0,6 meter)
- c. Tebal tiang pancang : 12 mm
- d. Berat tiang : 1,74 Ton
- e. Tegangan ijin bahan tiang baja : 1070,685 (kg/cm^2)
- f. Data PDA Test

4.2 Perhitungan Daya dukung Tiang Pancang Abutmen I Berdasarkan Metode Mayerhoff 1956

1. Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Tunggal
 Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)
 Persamaan (2.1)
 $Q_p = 40 \cdot A_{p_{\text{tiang}}} \cdot N_p$
 $A_p = \text{Rumus luas lingkaran} : \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2$
 $= 0,283 \text{ m}^2$

Untuk nilai N_p dihitung dari $8d$ di atas dasar tiang sampai $4d$ dibawah dasar tiang.

- 1) Abutmen 1
 - Pengaruh ujung tiang 20 m yang terpasang:
 Atas $8d = 8 \times 60 = 4,8 \text{ m} \Rightarrow \text{Elevasi} = 20 - 4,8 = 15,2 \text{ m}$
 Bawah $4d = 4 \times 60 = 2,4 \text{ m} \Rightarrow \text{Elevasi} = 20 - 2,4 = 17,6 \text{ m}$
 Ujung Fondasi berada dikedalaman 20 m, Untuk N_p digunakan di kedalaman : $L - 8d$, yaitu diantara kedalaman 15,2 m sampai dengan 17,6 m
 $N_p = 55$
 $Q_p = 40 \times 0,283 \times 55$
 $= 622,6 \text{ Ton}$

- Tahanan Selimut Tiang (Q_s)

Persamaan (2.2)

$$Q_s = 0,2 \times N \times A_s$$

$$A_s = \text{Rumus luas selimut tabung} : \pi D t = 3,14 \times 0,6 \times 20$$

$$= 37,68 \text{ m}$$

$$\check{N} = (40 + 36 + 43 + 49 + 29 + 42 + 50 + 55 + 60 + 60) / 10 = 46,4$$

$$Q_s = 0,2 \times 37,68 \times 46,4$$

$$= 349,670 \text{ Ton}$$

- Daya dukung ultimate tiang (Q_{ult})

Persamaan (2.4)

$$Q_{\text{ult}} = Q_p + Q_s$$

$$Q_{\text{ult}} = 622,6 + 349,670 = 972,27 \text{ Ton}$$

- Daya dukung Allowable tiang (Q_{all})

Persamaan (2.5)

$$Q_{\text{all}} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$SF (2,5 - 3) \text{ diambil } 3$$

$$Q_{\text{all}} = \frac{972,27}{3}$$

$$= 324,09 \text{ Ton}$$

- Beban Netto yang diijinkan (Q_{tiang})

Persamaan (2.6)

$$Q_{\text{all}} - \text{berat tiang sendiri}$$

$$324,09 - 2,96 = 321,13 \text{ Ton}$$

- Cek kekuatan bahan tiang (P_{tiang})

Persamaan (2.3)

$$P_{\text{tiang}} = \sigma_{\text{tiang}} \cdot A_{\text{tiang}}$$

$$\text{Tegangan ijin bahan tiang baja} : \sigma = 0,35 - 0,50 \times f_y$$

$$\text{Tegangan leleh baja} : f_y = 280 - 500 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diambil } 300 \text{ Mpa} = 3059,1$$

$$(\text{Kg/cm}^2)$$

$$\text{Diambil } 0,35$$

$$\sigma_{\text{tiang}} = 0,35 \times 3059,1 = 1070,685$$

$$(\text{Kg/cm}^2)$$

$$A_{\text{tiang}} = \pi r^2 = 3,14 \times 30^2 = 2826$$

$$P_{\text{tiang}} = 1070,685 \times 2826 = 3025755,81$$

$$\text{Kg atau}$$

$$= 3025,756 \text{ Ton} > 321,13 \text{ Ton}$$

- Efisiensi Tiang

Persamaan (2.7)

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

$$\emptyset = 20^\circ$$

$$E_g = 1 - 20 \frac{(7-1)2 + (2-1)7}{90 \times 2 \times 7}$$

$$= 0,70$$

2. Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{tk})

Persamaan (2.8)

$$Q_{\text{tk}} = E_g \cdot n \cdot Q_{\text{tiang}}$$

$$N = \text{Jumlah Tiang Dalam Satu Group}$$

$$Q_{\text{tiang}} \text{ Rata-rata} = 321,13 \text{ Ton}$$

$$Q_{\text{tk}} = 0,70 \times 21 \times 321,13$$

$$= 4720,61 \text{ Ton}$$

Perhitungan Daya dukung Tiang Pancang Abutmen II Berdasarkan Metode Mayerhoff 1956

1. Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Tunggal

Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Persamaan (2.1)

$$Q_p = 40 \cdot A_{p_{\text{tiang}}} \cdot N_p$$

$$A_p = \text{Rumus luas lingkaran} : \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$$

Untuk nilai N_p dihitung dari $8d$ di atas dasar tiang sampai $4d$ dibawah dasar tiang.

2) Abutmen 2

- Pengaruh ujung tiang 20 m yang terpasang: Atas $8d = 8 \times 60 = 4,8 \text{ m} \Rightarrow \text{Elevasi} = 20 - 4,8 = 15,2 \text{ m}$

$$\text{Bawah } 4d = 4 \times 60 = 2,4 \text{ m} \Rightarrow \text{Elevasi} = 20 - 2,4 = 17,6 \text{ m}$$

Ujung Fondasi berada dikedalaman 20 m, Untuk N_p digunakan di kedalaman : $L - 8d$, yaitu diantara kedalaman 15,2 m sampai dengan 17,6 m

$$N_p = 49$$

$$Q_p = 40 \times 0,283 \times 49 = 554,68 \text{ Ton}$$

- Tahanan Selimut Tiang (Q_s)

Persamaan (2.2)

$$Q_s = 0,2 \times N \times A_s$$

A_s = Rumus luas selimut tabung :

$$\pi D t = 3,14 \times 0,6 \times 20$$

$$= 37,68 \text{ m}$$

$$\check{N} = (30 + 36 + 41 + 45 + 49 + 39 + 36 + 49 + 55 + 68)/10 = 44,8$$

$$Q_s = 0,2 \times 37,68 \times 44,8$$

$$= 337,61 \text{ Ton}$$

- Daya dukung ultimate tiang (Q_{ult})

Persamaan (2.4)

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_{ult} = 554,68 + 337,61 = 892,29 \text{ Ton}$$

- Daya dukung Allowable tiang (Q_{all})

Persamaan (2.5)

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

SF (2,5 – 3) diambil 3

$$Q_{all} = \frac{892,29}{3}$$

$$= 294,47 \text{ Ton}$$

- Beban Netto yang diijinkan (Q_{tiang})

Persamaan (2.6)

$$Q_{all} - \text{berat tiang sendiri}$$

$$294,47 - 2,96 = 291,51 \text{ Ton}$$

- Cek kekuatan bahan tiang (P_{tiang})

Persamaan (2.3)

$$P_{\text{tiang}} = \sigma_{\text{tiang}} \cdot A_{\text{tiang}}$$

Tegangan ijin bahan tiang baja :

$$\sigma = 0,35 - 0,50 \times f_y$$

Tegangan leleh baja :

$$f_y = 280 - 500 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diambil } 300 \text{ Mpa} = 3059,1 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Diambil } 0,35$$

$$\sigma_{\text{tiang}} = 0,35 \times 3059,1 = 1070,685 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$A_{\text{tiang}} = \pi r^2 = 3,14 \times 30^2 = 2826$$

$$P_{\text{tiang}} = 1070,685 \times 2826 = 3025755,81 \text{ Kg}$$

$$\text{atau} = 3025,756 \text{ Ton} > 291,51 \text{ Ton}$$

- Efisiensi Tiang

Persamaan (2.7)

$$E_g = 1 - \phi \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

$$\phi = 20^\circ$$

$$E_g = 1 - 20 \frac{(7-1)2 + (2-1)7}{90 \times 2 \times 7} = 0,70$$

2. Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{tk})

Persamaan (2.8)

$$Q_{tk} = E_g \cdot n \cdot Q_{\text{tiang}}$$

N = Jumlah Tiang Dalam Satu Group

$$Q_{\text{tiang}} \text{ Rata-rata} = 291,51 \text{ Ton}$$

$$Q_{tk} = 0,70 \times 21 \times 291,51$$

$$= 4285,197 \text{ Ton}$$

Perhitungan Daya dukung Tiang Pancang Pier 1 Berdasarkan Metode Mayerhoff 1956

1. Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Tunggal

Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Persamaan (2.1)

$$Q_p = 40 \cdot A_{p_{\text{tiang}}} \cdot N_p$$

$$A_p = \text{Rumus luas lingkaran} : \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$$

Untuk nilai N_p dihitung dari $8d$ di atas dasar tiang sampai $4d$ dibawah dasar tiang.

2. P1

- Pengaruh ujung tiang 20 m yang terpasang: Atas $8d = 8 \times 60 = 4,8 \text{ m} \Rightarrow \text{Elevasi} = 20 - 4,8 = 15,2 \text{ m}$

$$\text{Bawah } 4d = 4 \times 60 = 2,4 \text{ m} \Rightarrow \text{Elevasi} = 20 - 2,4 = 17,6 \text{ m}$$

Ujung Fondasi berada dikedalaman 20 m,

Untuk N_p digunakan di kedalaman :

$L - 8d$, yaitu diantara kedalaman 15,2 m sampai dengan 17,6 m

$$N_p = 58$$

$$Q_p = 40 \times 0,283 \times 58$$

$$= 656,56 \text{ Ton}$$

- Tahanan Selimut Tiang (Q_s)

Persamaan (2.2)

$$Q_s = 0,2 \times N \times A_s$$

A_s = Rumus luas selimut tabung :

$$\pi D t = 3,14 \times 0,6 \times 20 = 37,68 \text{ m}$$

$$\check{N} = (23 + 42 + 39 + 35 + 41 + 17 + 49 + 53 + 59 + 60)/10 = 41,8$$

$$Q_s = 0,2 \times 37,68 \times 41,8$$

$$= 315,00 \text{ Ton}$$

- Daya dukung ultimate tiang (Q_{ult})

Persamaan (2.4)

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_{ult} = 656,56 + 315,00 = 971,56 \text{ Ton}$$

- Daya dukung Allowable tiang (Q_{all})

Persamaan (2.5)

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

SF (2,5 – 3) diambil 3

$$Q_{all} = \frac{971,56}{3}$$

$$= 323,85 \text{ Ton}$$

- Beban Netto yang diijinkan (Q_{tiang})

Persamaan (2.6)

Q_{all} - berat tiang sendiri

$$323,85 - 2,96 = 320,89 \text{ Ton}$$

- Cek kekuatan bahan tiang (P_{tiang})

Persamaan (2.3)

$$P_{tiang} = \sigma_{tiang} \cdot A_{tiang}$$

Tegangan ijin bahan tiang baja :

$$\sigma = 0,35 - 0,50 \times f_y$$

Tegangan leleh baja : $f_y = 280 -$

500 Mpa

$$\text{Diambil } 300 \text{ Mpa} = 3059,1$$

(Kg/cm²)

Diambil 0,35

$$\sigma_{tiang} = 0,35 \times 3059,1 = 1070,685$$

(Kg/cm²)

$$A_{tiang} = \pi r^2 = 3,14 \times 30^2 = 2826$$

$$P_{tiang} = 1070,685 \times 2826 = 3025755,81$$

Kg atau

=

$$3025,756 \text{ Ton} > 320,89 \text{ Ton}$$

- Efisiensi Tiang

Persamaan (2.7)

$$E_g = 1 - \phi \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

$$\phi = 20^\circ$$

$$E_g = 1 - 20 \frac{(7-1)3 + (3-1)7}{90 \times 3 \times 7}$$

$$= 0,66$$

3. Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{tk})

Persamaan (2.8)

$$Q_{tk} = E_g \cdot n \cdot Q_{tiang}$$

N = Jumlah Tiang Dalam Satu Group

$$Q_{tiang} \text{ Rata-rata} = 321,13 \text{ Ton}$$

$$Q_{tk} = 0,66 \times 21 \times 320,89$$

$$= 4447,54 \text{ Ton}$$

B. Perhitungan Daya dukung Tiang Pancang Abutmen 1 Berdasarkan Metode Tomlinson

1. Perhitungan kapasitas ultimit pada tiang tunggal

Persamaan (2.21)

- a. Mencari tahanan ujung ultimit (Q_b)

$$Q_b = A_b \cdot C_b \cdot N_c$$

$$A_b = 0,6 \text{ m}$$

$$C_b = \frac{2}{3} \times N \cdot \text{SPT} \times 10$$

$$= \frac{2}{3} \times 60 \times 10$$

$$= 400 \text{ kn/m}^2$$

$$N_c = 9$$

$$Q_b = 0,6 \times 400 \times 9$$

$$Q_b = 2.160 \text{ KN}$$

- b. Mencari tahanan gesek ultimit (Q_s)

Persamaan (2.24)

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot A_s$$

$$\alpha = 1$$

$$c_u = \frac{2}{3} \times 46,4 \times 10$$

$$= 309,33$$

$$A_s = \text{Rumus selimut tabung } \pi D^2$$

$$= 3,14 \times 0,3^2 = 0,29 \text{ m}^2$$

$$Q_s = F_s \times A_s \times t$$

$$F_s = \alpha \times c_u$$

$$Q_s = 309,34 \times 0,29 \times 20$$

$$= 1794 \text{ kn}$$

- c. Mencari kapasitas dukung ultimit neto (Q_u)

Persamaan (2.21)

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$Q_b = 2.160 \text{ KN}$$

$$Q_s = 1.794 \text{ KN}$$

$$W_p = 2,96 \text{ Ton}$$

$$Q_u = 2.160 + 1.794 - 2,96 = 3.951 \text{ KN} = 402.89 \text{ Ton}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{S_f}$$

$$= \frac{3951}{3} = 1318 \text{ kn} = 134,4 \text{ ton}$$

- Efisiensi Tiang

$$E_g = 1 - \phi \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

$$\phi = 20^\circ$$

$$E_g = 1 - 20 \frac{(7-1)2 + (2-1)7}{90 \times 2 \times 7}$$

$$= 0,70$$

4. Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{tk})

$$Q_{tk} = E_g \cdot n \cdot Q_{tiang}$$

N = Jumlah Tiang Dalam Satu Group

$$Q_{tk} = 0,70 \times 21 \times 321,13 \text{ ton}$$

$$= 4.720.61 \text{ Ton}$$

C. Perhitungan Daya dukung Tiang Pancang Abutmen 2 Berdasarkan Metode Tomlinson

2. Perhitungan kapasitas ultimit pada tiang tunggal

Persamaan (2.23)

- d. Mencari tahanan ujung ultimit (Q_b)

$$Q_b = A_b \cdot C_b \cdot N_c$$

$$A_b = 0,6 \text{ m}$$

$$C_b = \frac{2}{3} \times N \cdot \text{SPT} \times 10$$

$$= \frac{2}{3} \times 60 \times 10$$

$$= 400 \text{ kn/m}^2$$

$$N_c = 9$$

$$Q_b = 0,6 \times 400 \times 9$$

$$Q_b = 2.160 \text{ KN}$$

- e. Mencari tahanan gesek ultimit (Q_s)

Persamaan (2.24)

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot A_s$$

$$\alpha = 1$$

$$c_u = \frac{2}{3} \times 44,8 \times 10 = 298.67$$

$$A_s = \text{Rumus selimut tabung } \pi D^2$$

$$= 3,14 \times 0,3^2 = 0,29 \text{ m}^2$$

$$Q_s = F_s \times A_s \times t$$

$$F_s = \alpha \times c_u$$

$$Q_s = 298.67 \times 0,29 \times 20$$

$$= 1732 \text{ KN}$$

- f. Mencari kapasitas dukung ultimit neto (Q_u)

Persamaan (2.21)

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$Q_b = 2.160 \text{ KN}$$

$$Q_s = 1.732 \text{ KN}$$

$$W_p = 2,96 \text{ Ton}$$

$$Q_u = 2.160 + 1.794 - 2,96 = 3.889 \text{ KN}$$

$$= 396,57 \text{ Ton}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{S_f}$$

$$= \frac{3.889}{3} = 1.296 \text{ kn} = 132,2 \text{ ton}$$

- Efisiensi Tiang

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

$$\emptyset = 20^\circ$$

$$E_g = 1 - 20 \frac{(7-1)2 + (2-1)7}{90 \times 2 \times 7}$$

$$= 0,70$$

5. Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{tk})

$$Q_{tk} = E_g \cdot n \cdot Q_{tiang}$$

N = Jumlah Tiang Dalam Satu Group

$$Q_{tk} = 0,70 \times 21 \times 291,51 \text{ Ton}$$

$$= 4.285,2 \text{ Ton}$$

Perhitungan Daya dukung Tiang Pancang Pier 1 Berdasarkan Metode Tomlinson

3. Perhitungan kapasitas ultimit pada tiang tunggal

Persamaan (2.23)

- g. Mencari tahanan ujung ultimit (Q_b)

$$Q_b = A_b \cdot C_b \cdot N_c$$

$$A_b = 0,6 \text{ m}$$

$$C_b = \frac{2}{3} \times N \cdot \text{SPT} \times 10$$

$$= \frac{2}{3} \times 60 \times 10$$

$$= 400 \text{ kn/m}^2$$

$$N_c = 9$$

$$Q_b = 0,6 \times 400 \times 9$$

$$Q_b = 2.160 \text{ KN}$$

- a. Mencari tahanan gesek ultimit (Q_s)

Persamaan (2.24)

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot A_s$$

$$\alpha = 1$$

$$c_u = \frac{2}{3} \times 41,8 \times 10 = 278,67$$

$$A_s = \text{Rumus selimut tabung } \pi D^2$$

$$= 3,14 \times 0,3^2 = 0,29 \text{ m}^2$$

$$Q_s = F_s \times A_s \times t$$

$$F_s = \alpha \times c_u$$

$$Q_s = 278,67 \times 0,29 \times 20$$

$$= 1.616 \text{ KN}$$

- b. Mencari kapasitas dukung ultimit neto (Q_u)

Persamaan (2.21)

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$Q_b = 2.160 \text{ KN}$$

$$Q_s = 1.616 \text{ KN}$$

$$W_p = 2,96 \text{ Ton}$$

$$Q_u = 2.160 + 1.616 - 2,96 = 3.773 \text{ KN}$$

$$= 384,74 \text{ Ton}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{S_f}$$

$$= \frac{3.773}{3} = 1.258 \text{ KN} = 128,3 \text{ Ton}$$

- Efisiensi Tiang

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

$$\emptyset = 20^\circ$$

$$E_g = 1 - 20 \frac{(7-1)3 + (3-1)7}{90 \times 3 \times 7}$$

$$= 0,66$$

6. Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{tk})

$$Q_{tk} = E_g \cdot n \cdot Q_{tiang}$$

N = Jumlah Tiang Dalam Satu Group

$$Q_{tk} = 0,66 \times 21 \times 320,89 \text{ ton}$$

$$= 4.447,5 \text{ Ton}$$

**Tabel 1. Perbandingan Perhitungan Manual
Dengan Hasil Uji PDA Test**

Lokasi Pengujian	Metode	Qu (Ton)	Daya Dukung (RMK) [Ton]. No. Tiang
Abutmen 1	Tomlinson (1977)	402,89	336-388. (Titik 8)
	Meyerhoff	972,27	
Pier 1	Tomlinson (1977)	384,74	373-416. (Titik 8)
	Meyerhoff	971,56	
Abutmen 2	Tomlinson (1977)	396,57	347-389. (Titik 4)
	Meyerhoff	892,29	

Sumber : Penulis, 2022

Berdasarkan hasil tabel 1 diatas,Secara keseluruhan, maka hasil perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Tomlinson dan Metode Mayerhoff didapat Kapasitas dukung tiang tunggal yang dihitung dari titik Abutmen 1, Pier 1, dan Abutmen 2, yaitu Titik Abutmen 1, hasil daya dukung tiang tunggal dengan metode Mayerhoff sebesar 972,27 Ton, dan metode Tomlinson sebesar 402,89 Ton. Titik Pier 1, hasil daya dukung tiang tunggal dengan metode Mayerhoff sebesar 971,56 Ton, dan metode Tomlinson sebesar 384,74 Ton. Titik Abutmen 2, hasil daya dukung tiang tunggal dengan metode Mayerhoff sebesar 892,29 Ton, dan metode Tomlinson sebesar 396,57Ton. Sehingga nilai dari hasil perhitungan dengan metode Tomlinson memiliki nilai paling mendekati yaitu: Abutmen1 402,89 , Pier1 384,74 dan Abutmen2 395,57 dibandingkan dengan metode Mayerhoff yaitu: Abutmen1 972,27 , Pier1 971,56 dan Abutmen2 892,29.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari perhitungan analisa kapasitas dukung tiang tunggal, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kapasitas dukung tiang tunggal yang dihitung dari titik Abutmen 1, Pier 1, dan Abutmen 2, yaitu :
 - a. Titik Abutmen 1, hasil daya dukung tiang tunggal dengan metode Mayerhoff sebesar 972,27 Ton, dan metode Tomlinson sebesar 402,89 Ton.
 - b. Titik Pier 1, hasil daya dukung tiang tunggal dengan metode Mayerhoff sebesar 971,56 Ton, dan metode Tomlinson sebesar 384,74 Ton.
 - c. Titik Abutmen 2, hasil daya dukung tiang tunggal dengan metode Mayerhoff sebesar 892,29 Ton, dan metode Tomlinson sebesar 396,57 Ton.
2. Perbandingan daya dukung tiang tunggal

dari hasil perhitungan dengan hasil uji PDA Test dilapangan, dapat disimpulkan bahwa nilai dari hasil perhitungan dengan metode Tomlinson memiliki nilai paling mendekati yaitu: Abutmen1 402,89 , Pier1 384,74 dan Abutmen2 395,57 dibandingkan dengan metode Mayerhoff yaitu: Abutmen1 972,27 , Pier1 971,56 dan Abutmen2 892,29.

Lestalu, A., Frans, P. L., & Titaley, H. D. (2024). Tinjauan Fondasi Tiang Pancang Pada Bangunan RTMC Polda Maluku. *Journal Agregate*, 3(1), 65-73.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, penulis memberikan saran sebagai bahan evaluasi selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan dan pengkajian lebih dari dari 2 titik uji penelitian agar hasil perhitungan dan perbandingan lebih tepat dan akurat.
2. Sebelum melakukan perhitungan daya dukung pada pondasi, diharapkan memiliki data pokok dan penunjang yang lengkap dan rinci.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianus., 2014. *Studi Perencanaan Pondasi Sumuran Pada Pembangunan Gedung Apartement Riverside Malang*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
- Asperil Yandi Universitas Bangka Belitung, 2017, *Analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang menggunakan data n-spt dan data sondir diverifikasi dengan hasil uji pda (pile driving analyzer) dan capwap*
- ASTM, 2008. D 4945 – 08 *Prosedur pengujian PDA, Amerika Serikat: American Standard Testing & Materials*.
- Budi, G. S., Kosasi, M., & Wijaya, D. H. (2015). *Bearing capacity of pile foundations embedded in clays and sands layer predicted using PDA test and static load test*. *Procedia Engineering*, 125, 406-410. doi: 10.1016/j.proeng.2015.11.101
- E P Sari, P Prihantono, S Musalamah , 2019 - *Analisis Daya Dukung Tiang Aksial Tunggal Dengan Metode Statis Dan Dinamis Terhadap Hasil Uji Pile Driving Analyze (Pda)* - Menara: Jurnal Teknik Sipil, journal.unj.ac.id
- F FERNANDES - 2021 *Analisis Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Secara Manual Dan Plaxis Dengan Metode Pda & Capwap* - repository.univ-tridinanti.ac.id
- F Handayani, F Alami, I Iswan, 2021 - *Analisis Perbandingan Daya Dukung Dan Penurunan Fondasi Bored Pile Menggunakan Metode Teoritis, Metode Elemen Hingga Dengan Uji Test Pda (Pile Driving Analyzer)* - Jurnal Indonesia Sosial
- Fathonah, W. et al. (2018) ‘Pemanfaatan Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif’, *Jurnal Fondasi*, 7(2)