Jurnal Ilmiah REAKTIP
Vol. 04, No. 01, pp. 86-93, 2024
Kirim: - 24 Agust. 2024 | Diterima: -29 Agust. 2024 | Publikasikan: - 10 Sept. 2024 |

PERENCANAAN DAYA DUKUNG PONDASI *MINI PILE* PADA PEMBANGUNAN GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS HASYIM ASY'ARI MENGGUNAKAN METODE *MAYERHOFF*

Misbahun Nurfan Jaufi[1], Titin Sundari[2], Totok Yulianto[3], Meriana Wahyu Nugroho[4]
[1,2,3,4]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Hasyim Asy'ari, Jombang, 61471, Indonesia
Email : Nurfanjojo@gmail.com[1], titinsundari1273@gmail.com[2], totokyulianto@unhasy.ac.id[3] merianugroho@unhasy.ac.id[4].

ABSTRAK
Dalam perencanaan pondasi harus melihat kondisi lapisan tanah bawah dan situasi di lapangan. Pilar pancang banyak dipilih jika lapisan tanah di lapangan didominasi oleh tanah lunak dan area kerja padat dengan bangunan. Kampus Universitas Hasyim Asy'ari Jombang menggunakan pondasi pilar pancang karena lapisan tanah didominasi tanah lunak setebal 14 m dari permukaan dan lingkungan terendam air sehingga tidak memungkinkan bangunan untuk didirikan. Untuk memahami kestabilan pondasi, penting untuk mempertimbangkan beberapa faktor, di antaranya adalah daya dukung dan penurunan. Analisis daya dukung pondasi mini pile dapat dilakukan berdasarkan data uji penetrasi standar dengan Metode Mayerhoff, sedangkan perhitungan penurunan dapat menggunakan Metode Vesic. Dalam penelitian ini, daya dukung pilar kelompok dihitung dengan diameter pilar sebesar 25 cm x 25 cm dan jumlah pilar tiap pondasi dengan tipe pondasi P1= 9 buah, P2= 7 buah, P3= 5 buah, P4= 2 buah. Dengan demikian, penurunan kelompok pilar adalah penurunan elastis total dan konsolidasi dengan tipe pondasi P1= 36 mm, P2= 31 mm, P3= 30 mm, P4= 27 mm. Oleh karena itu, penurunan ini dianggap aman karena S < Sijin (56 mm).

Kata kunci : *Daya Dukung, Meyerhoff, Mini Pile, Pondasi, Sondir.*

1. Pendahuluan

Semakin banyak infrastruktur seperti jalan, gedung, bendungan, irigasi, dan fasilitas kesehatan yang dibangun menunjukkan bahwa pembangunan sedang berkembang[1]. Pembangunan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, kemajuan ekonomi, dan peningkatan pendidikan. Selama proses pembangunan konstruksi, perencanaan struktur adalah langkah penting[2]. Analisis yang dilakukan untuk menentukan dimensi dan spesifikasi bangunan disebut perencanaan struktur bangunan[3].

Pondasi adalah komponen penting dari setiap bangunan, karena berada di bagian bawah struktur dan berfungsi untuk menyangga semua beban, termasuk beban gempa, angin, hidup, dan mati[4]. Salah satu tipe pondasi yang cocok adalah pondasi *mini pile*. Pondasi ini digunakan dalam kondisi di mana lapisan tanah keras dapat ditemukan pada kedalaman 10 m atau lebih di bawah permuaan tanah [5][6]. Pembangunan gedung bertingkat merupakan salah satu aspek perencanaan konstruksi yang harus diperhatikan, dengan faktor keamanan dan kenyamanan sebagai prioritas utama[7].

Fokus penelitian ini adalah item struktur pondasi yang disebut *mini pile* di Gedung Rektorat Universitas Hasyim Asy'ari, yang berada di Kelurahan Cukir, Kecamatan Diwek, Kabupaten Jombang. Perhitungan daya dukung pilar dan jenis pondasi yang akan digunakan juga harus dipertimbangkan. Metode *Mayerhoff* adalah pilihan metode untuk menghitung daya dukung pondasi[8].

2. Bahan dan Metode

2.1 Metode *Mayerhoff*

2.1.1 Hitungan Daya Dukung Ujung Pilar (Qp)

Hitungan untuk ujung pilar (*End Bearing)* pondasi *mini pile* dan *bored pile* didasarkan pada uji tanah (SPT) menurut *Mayerhoff & Bowless* pada tanah kohesif. Perhatikan persamaan 1, 2 dan 3 [9]:

Qp = qp x Ap (1)

Cu = (N-SPT(rata-rata) x 23 x 10) (2)

Qp = 380 x N-SPT(rata-rata) (3)

Keterangan :

Qp = Daya dukung ujung pilar pondasi (kN)

Ap = Luas penampang pilar pondasi (m2)

qp = Tahanan ujung pilar pondasi (kN/m2)

N-SPT = Rata-rata nilai SPT 8D keatas dan 4D kebawah

Cu = Kohesi tanah (kN/m2)

2.1.2 Hitungan Daya Dukung Friksi Pilar

Hitungan untuk daya dukung pada friksi pilar *(Skin Friction)* pondasi *mini pile* dan *bored pile* didasarkan pada data hasil uji tanah (SPT) menurut *Mayerhoff* pada tanah kohesif. Perhatikan persamaan 4, 5, dan 6 :

Qs = fs x As (4)

As = Keliling pilar x L (5)

Fs = α x Cu (6)

Keterangan :

As = Luas selimut pilar pondasi (m2)

Fs = Gesekan selimut pilar pondasi (kN/m2)

Qs = Daya dukung selimut pilar pondasi (kN)

α = 0,50 *(Faktor Adhesi)*

2.2 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Pilar Pondasi *Mini Pile*

Secara umum, pondasi dalam dipasang dalam bentuk kelompok. Dalam menghitung kapasitas dukung kelompok tiang terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, seperti jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak antar tiang, susunan tiang, dan efisiensi dari kelompok tiang tersebut. Untuk menghitung efisiensi kelompok tiang, digunakan Metode *Conversi-Labarre.*

Guna menentukan kebutuhan jumlah pondasi pilar kelompok. Perhatikan persamaan 7:

$$n = \frac{P\ total}{Qall\ (single)} \quad (7)$$

Persamaan dalam analisa kapasitas kelompok pilar menurut *Converse-Labarre Formula.* Perhatikan persamaan 8, 9, dan 10 :

$$\theta = Arc\ tan\left(\frac{D}{S}\right) \quad (8)$$

$$Eg = 1 - \frac{(n'-1)m+(m-1)n'}{90mn'}\theta \quad (9)$$

$$Qall = n\ x\ Eg\ x\ Q\ all(Single) \quad (10)$$

Keterangan :

Eg = Efisiensi pilar

θ = arc tan (D/s) (derajat)

D = Dimensi pilar (m)

s = Jarak antar pilar pondasi (as ke as)
m = Jumlah baris pilar pondasi kelompok
n = Jumlah pilar pondasi arah x

2.3 Penurunan Pilar Pondasi Tunggal

Analisa distribusi beban dan penurunan pilar tunggal untuk pilar pondasi dapat diperoleh dengan metode transfer beban. Menurut *Vesic* (1997) penurunan elastis pada pondasi bisa dihitung dengan persamaan 11 :

$S = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)}$ (11)

Keterangan :
S_e = Penurunan pilar pondasi (m)
$S_{e(1)}$ = Penurunan elastis pilar pondasi (m)
$S_{e(2)}$ = Penurunan pilar akibat beban ujung pilar pondasi (m)
$S_{e(3)}$ = Penurunan pilar akibat beban di sepanjang pilar pondasi (m)

Untuk mendapatkan nilai $S_{e(1)}$. Perhatikan persamaan 12 dan 13 :

$Ep = 4700\sqrt{f'c}$ (12)

$Se(1) = \frac{(Qp + \varepsilon + Qs).L}{Ap\ .Ep}$ (13)

Ɛ = 0.5 (distribusi tahanan sepanjang pilar)

Keterangan :
Qp = Daya dukung pilar ujung pondasi (kN)
Qs = Tahanan gesek per satuan luas ultimit (kN)
Ap = Luas dimensi pondasi (m2)
L = Panjang pilar pondasi (m)
Ep = Modulus elastisitas pilar pondasi (kN/m2)

Hitungan untuk penurunan pada pilar akibat beban pada titik yang diperoleh. Perhatikan persamaan 14 :

$Se(2) = \frac{Qp\ .\ Cp}{D\ .\ qp}$ (14)

Keterangan :
Qp = Daya dukung pada ujung pilar pondasi (kN)
D = Dimensi pilar pondasi (m)
qp = Tahanan pada ujung satuan pilar pondasi (kN)
Cp = Koefisien empiris, Perhatikan pada Tabel 1:

Tabel 1 Koefisien empiris[5]

Jenis Tanah	Pilar Pancang	Pilar Bor
Sand (Padat - Lepas)	0.02 – 0.04	0.09 – 0.18
Clay (Kaku - Lunak)	0.02 – 0.03	0.03 – 0.06
Silt (Padat - Lepas)	0.03 – 0.05	0.09 – 0.12

Selain itu, perhitungan untuk penurunan pilar yang disebabkan oleh beban yang ada di sepanjang pilar Se(3) perlu diperhatikan. Perhatikan pada persamaan 14 dan 15 :

$Se(3) = \frac{Qp}{PL} x \frac{D}{Es} x(1 - \mu 2) Iws$ (14)

$Iws = 2 + 0{,}35\sqrt{\frac{L}{D}}$ (15)

Keterangan :
Qp = Daya dukung pada ujung pilar pondasi (kN)
P = Keliling pada pilar pondasi (m)
L = Panjang pada pilar pondasi (m)

μs = Poisson's ratio

Guna mengetahui besaran angka penurunan ijin pondasi. Perhatikan Persamaan 16 :

Sijin = 10% x D (16)

Keterangan :

D = Dimensi pilar pondasi (m)

2.4 Penurunan Pondasi Pilar Kelompok

Analisis distribusi beban dan penurunan pilar tunggal pada pondasi dapat dilakukan melalui metode transfer beban. Menurut *Vesic* (1997) penurunan elastis pada pondasi bisa dihitung dengan persamaan 17 [10]:

a Penurunan Kelompok Pilar Pancang (P1)

$$S_{g\,(e)} = Se\ x \sqrt{\frac{Bg}{D}} \quad (17)$$

Keterangan :

$S_{g\,(e)}$ = Penurunan pilar pondasi (m)

Bg = Lebar pilar pondasi (m)

D = Dimensi pilar pondasi (m)

Se = Penurunan elastis pilar pondasi (m)

Kemudian untuk penurunan ijin pada pondasi kelompok pilar. Perhatikan persamaan 18 :

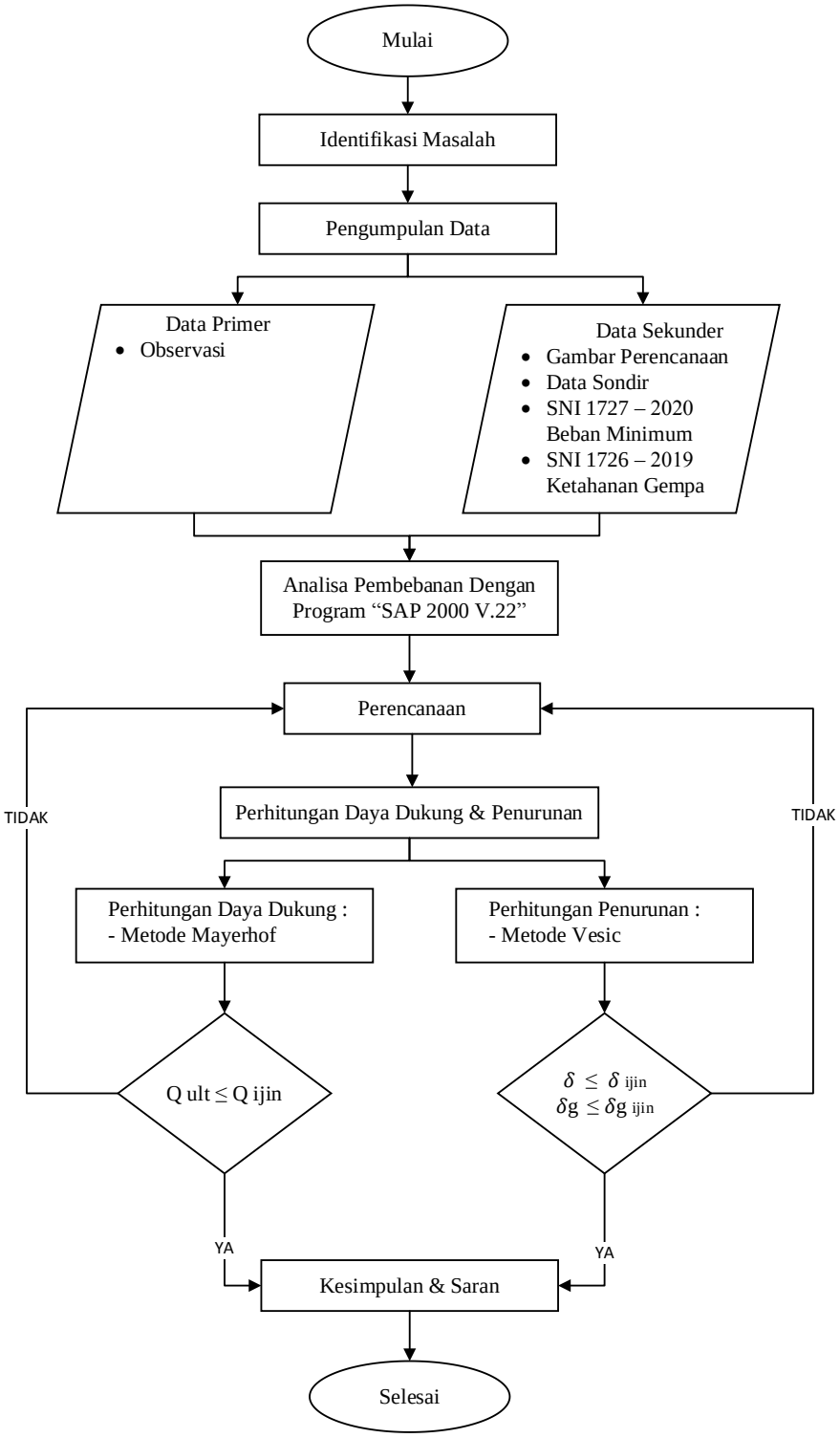
$$Se(ijin) = \frac{L}{250} \quad (18)$$

Keterangan :

L = kedalaman pilar (m)

2.5 Diagram Alir Penelitian

Gedung Rektorat ini difungsikan sebagai pusat akademik dan administrasi institusi. Bangunan Gedung Rektorat ini direncanakan mempunyai 5 lantai. Perencanaan pondasi menggunakan perbandingan Metode *Mayerhoff.*



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian[11]

Vol. 04, No. 01, pp. 86-93, 2024
Kirim: - 24 Agust. 2024 | Diterima: -29 Agust. 2024 | Publikasikan: - 10 Sept. 2024 |

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pembebanan

Beban struktur gedung dihitung dengan mempertimbangkan beban mati dan beban hidup, yang selanjutnya dimasukkan ke dalam program struktur atas untuk masing-masing komponennya.

Beban berat sendiri (DL)

Berat beton = 2.400 kg/m^3
Berat baja = 7.850 kg/m^3

Beban mati tambahan (SDL)

Pelat lantai = 147 kg/m^2
Beban dinding = 2.558,8 kg/m^2
Beban Lift = 630 kg

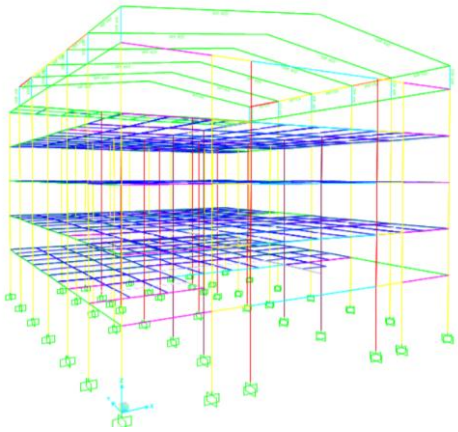
Beban Hidup (LL)

Pelat guna lantai = 330 kg/m^2
Pelat atap = 100 kg/m^2
Balok *lift* = 100 kg/m^2

Beban Gempa

Beban yang dianalisi beban gempa, dengan ringkasan berikut :

Tingkat Resiko : IV (Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan)
Faktor Keutamaan : 1,50
Sifat Tanah : SE (Tanah Lunak)



Gambar 2 Modelling Struktur Atas[11]

3.2 Analisa Daya Dukung Aksial Pondasi Mini Pile

Diketahui :

Joint 591 = 3514,741 kN
Dimensi = 0,25 x 0,25
Keliling Selimut Pilar (As) = 4 x S x L
= 4 x 0,25 x 14
= 14 m^2
Luas Penampang(Ap) = S x S
= 0,25 x 0,25
= 0,0625 m^2
Kedalaman = 14 m

3.2.1 Perhitungan Daya Dukung Pilar Tunggal Metode *Mayerhoff*

Untuk menentukan daya dukung pada pondasi *mini pile*, perhitungan dapat dilakukan dengan Metode *Mayerhoff* menggunakan persamaan sebagai berikut :

Tabel 2 Jumlah pilar kelompok[11]

Kedalaman (m)	Qp (kN)	Qs (kN)	Q ult (kN)	Q ijin satu pilar (kN)
14	546,250	1073,387	1619,637	539,879

3.3 Kebutuhan Jumlah Pilar Kelompok Pondasi *Mini Pile*

Setelah melakukan perhitungan, diperoleh jumlah *mini pile* yang paling aman. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah pilar kelompok lainnya lebih aman dan lebih efisien.

Tabel 3 Jumlah pilar kelompok[11]

NO	TIPE PONDASI	JUMLAH PILAR
1	P1	9
2	P2	7
3	P3	5
4	P4	2

3.4 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Pilar Pondasi *Mini Pile*

Analisa kapasitas pilar pondasi *mini pile* kelompok pilar berdasarkan *Coverse – Labare Formula* dan dalam menentukan kapasitas dukung ultimit pilar kelompok harus diperhatikan kinerja pilar.

Tabel 4 Hitungan daya dukung pilar kelompok[11]

Jenis Pondasi	Metode	Titik	Jumlah Pilar (n)	Efesiensi (Eg)	Beban Total (kN)	Qall (kN)	Keterangan
Mini Pile	*Converse Labarre*	591	9	0,8964	3631,8	3648,902	AMAN
		674	7	0,8949	2734,8	2838,035	AMAN
		770	5	0,8687	2172,8	2280,564	AMAN
		27	2	0,8757	567,9	912,226	AMAN

3.5 Penurunan Pondasi Pilar Kelompok

Berdasarkan rumus yang diterapkan untuk menentukan penurunan pada pondasi pilar kelompok.

Tabel 5 Penurunan pondasi pilar kelompok[11]

NO	TIPE PONDASI	BEBAN AKSIAL (kN)	KELOMPOK (mm)
1	PONDASI 1	3652,206	35
2	PONDASI 2	2734,879	31
3	PONDASI 3	2172,861	30
4	PONDASI 4	567,960	27

Jadi, untuk penurunan total pilar kelompok yang terjadi nilainya lebih kurang dari syarat yang diijinkan ialah < 56 mm, sehingga syarat tersebut terpenuhi.

4. Simpulan dan Saran

Hasil hitungan dari analisa pembangunan Gedung Rektorat Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang dapat disimpulkan hasilnya sebagai berikut :

a. Perencanaan pondasi *mini pile* Gedung Rektorat Universitas Hasyim Asy'ari Jombang menggunakan Metode *Mayerhoff* dengan diameter pilar 25 cm x 25 cm dan jumlah pilar tiap pondasi dengan tipe pondasi P1= 9 buah, P2= 7 buah, P3= 5 buah, P4= 2 buah.
b. Besar penurunan Metode *Vesic* pilar kelompok dengan tipe pondasi P1= 36 mm, P2= 31 mm, P3= 30 mm, P4= 27 mm. Jadi penurunan dikatakan aman karena S < Sijin (56 mm).

Saran saya dalam merencanakan perhitungan daya dukung pondasi menggunakan Metode *Mayerhoff*, penting untuk memperhatikan jenis tanah yang digunakan serta rumus perhitungan yang diterapkan. Hal ini disebabkan oleh adanya variasi rumus dalam metode yang sama meskipun jenis tanahnya serupa, menurut beberapa referensi. Saat melakukan perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi, sangat penting untuk mempertimbangkan data-data yang relevan, seperti hasil penyelidikan tanah.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada CV. Alam Permata Lestari yang telah memberikan izin dan menyediakan data yang diperlukan untuk pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

[1] T. Kerja And D. A. N. Transmigrasi, "Perencanaan Pondasi Pilar Pancang Gedung Dinas Tenaga Kerja Dan Transmigrasi," Vol. 3, No. 1, Pp. 23–34, 2020.

[2] D. Kartikasari, D. Sanhadi, P. Studi, T. Sipil, F. Teknik, And U. Islam, "P Issn 2579-4620 E Issn 2581-0855 Studi Evaluasi Pondasi Pilar Pancang (Spun Pile) Dengan Pondasi Pilar Bor (Bored Pile) Pada Gedung Kantor Ukarst Vol . 3 , No . 2 Tahun 2019 P Issn 2579-4620 E Issn 2581-0855," Vol. 3, No. 2, Pp. 36–45, 2019.

[3] W. Count, T. Submitted, And P. Id, "By Laksana," 2021.

[4] A. I. Candra *Et Al.*, "Pengecekan Kelayakan Bangunan Gedung Sma Negeri 1 Kota Kediri Yang Digunakan Untuk Aktifitas," Vol. 2, No. 2, Pp. 108–116, 2019.

[5] R. T. Anggoro, T. Yulianto, M. W. Nugroho, And T. Sundari, "Modifikasi Perencanaan Pondasi Borepile Sebagai Alternative Pengganti Pondasi Minipile Proyek Gedung Madrasatul Qur ' An Jombang," Vol. 1, No. 2, 2023.

[6] A. Ridwan, S. Winarto, F. Teknik, And U. Kadiri, "Analisa Perencanaan Pondasi Pilar Pancang Pada Gedung Rektorat Universitas Darul Ulum Jombang," Vol. 3, No. 1, Pp. 86–97, 2020.

[7] W. Count, T. Submitted, And P. Id, "By Satiti," 2021.

[8] F. Wahyu, R. Abdiyah, A. Titin, And S. Totok, "Studi Perencanaan Gedung Rektorat Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Studi Kasus Unhasy Tebuireng Jombang) Rectorate Building Planning Study With Special Moment Bearer Frame System (Case Study Unhasy Tebuireng Jombang)," Vol. 1, No. 1, 2012.

[9] *Ggmeyerhof-Bearing-Capacity-And-Settlement-Of-Pile-Foundations-1976*.

[10] *Vesic-Design-Of-Pile-Foundations-1977*.

[11] "Analisis Peneliti," 2024.