



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK
 (e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Analisis Redesain Pondasi Mini Pile Berbentuk Persegi Pada Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung

Shanti Wahyuni Megasari^a, Gusneli Yanti^b, Zainuri^c, Taufiq Hidayat^d

^{a, b, c, d} Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Lancang Kuning, Jalan Yos Sudarso KM. 8 Rumbai, Kota Pekanbaru, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 21 Juni 2022

Revisi Akhir: 29 Juni 2022

Diterbitkan Online: 30 Juni 2022

KATA KUNCI

Daya Dukung,

Mini Pile,

Pondasi,

RAB,

Redesain

KORESPONDENSI

Telepon: +62 81275254771

E-mail: shanti@unilak.ac.id

ABSTRACT

Pemilihan bentuk dan jenis pondasi pada suatu bawah bangunan dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kondisi tanah. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan pondasi maka akan dapat menyebabkan kerusakan bangunan hingga kerugian biaya. Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung merupakan bangunan tiga lantai yang didesain menggunakan pondasi KSL. Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung memiliki kondisi tanah pasir dengan daya dukung (Q_c) 200 kg/cm² pada kedalaman 10,2 m. Namun dengan kondisi jenis tanah tersebut, maka pondasi yang paling sesuai adalah pondasi mini pile. Sehingga perlu dilakukan redesain pondasi pada Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung. Pemodelan bangunan menggunakan program ETABS sesuai dengan standar pembebanan SNI 2847-2013. Pondasi mini pile berbentuk persegi dengan dimensi sebesar 25×25 cm, dengan kapasitas daya dukung tiang sebesar 35 ton. Setelah dilakukan pemodelan struktur diperoleh 3 (tiga) tipe pondasi berdasarkan pada gaya aksial (P) yang bekerja. Berdasarkan maka pondasi mini pile diklasifikasikan menjadi 3 tipe pondasi. Pondasi tipe 1 memiliki gaya aksial kolom sebesar 106,15 ton dengan jumlah tiang yang diperlukan 6 kelompok tiang, pondasi tipe 2 dengan gaya aksial kolom 79,51 ton dengan tiang yang diperlukan 5 kelompok tiang dan pondasi tipe 3 memiliki gaya aksial kolom 40,01 ton dengan tiang yang diperlukan 4 kelompok tiang. Hasil penelitian memperoleh nilai kapasitas dukung ultimit (Q_u) sebesar 220,92 ton dan ketiga tipe pondasi mampu menahan beban dari struktur atas Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung.

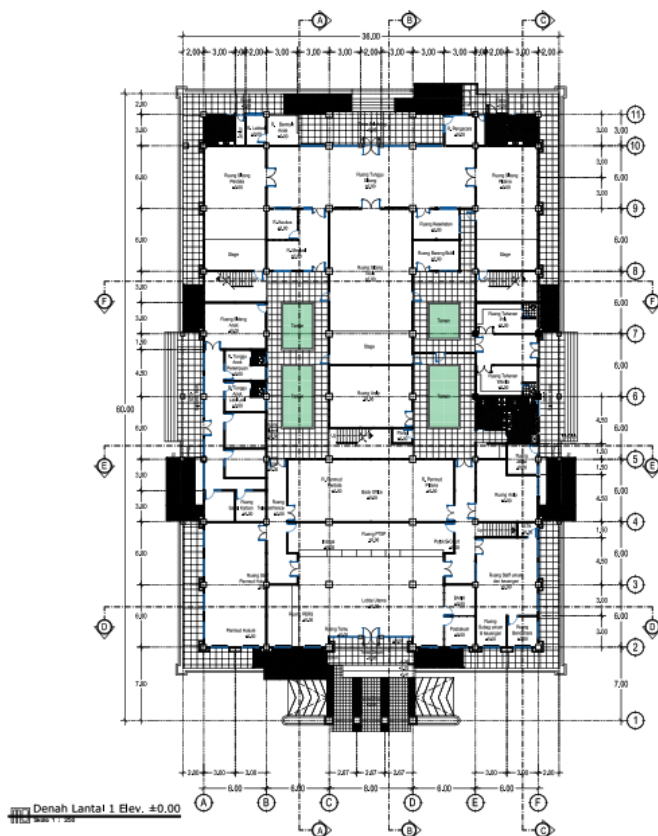
1. PENDAHULUAN

Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung merupakan salah satu proyek konstruksi bangunan Gedung tiga lantai yang memiliki luas total bangunan sebesar 3000 m², dibangun di atas lahan seluas 6000 m², yang didesain menggunakan pondasi dengan Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSL). Secara ekonomis konstruksi pondasi sarang laba-laba dapat menghemat biaya yang cukup berarti,

dimana KSL hanya memerlukan volume beton sebanyak 0,20-0,35 m³ per meter persegi (m²) luasan pondasi, dengan pembesian 70–120 kg besi per meter kubik (m³) beton [1]. KSL memiliki kekakuan lebih tinggi, pemadatan tanah yang efektif, penyebaran beban yang timbul sudah merata pada lapisan pendukung serta memiliki kemampuan melindungi secara permanen stabilitas dari perbaikan tanah didalamnya [2].

Kondisi tanah pada Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung merupakan tanah pasir, memiliki daya dukung (Q_c) 200 kg/cm² pada kedalaman 10,2 m. Pemilihan bentuk pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah. Apabila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal. Sehingga kondisi tanah tersebut sesuai untuk digunakan pondasi KSSL yang merupakan salah satu jenis pondasi dangkal yang dirakit dan dimodifikasi oleh beton pipih menerus, di bagian bawahnya dikakukan oleh rib tegak, serta sistem perbaikan tanah [3]. Namun apabila tanah keras terletak ada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi *mini pile* [4].

Jenis pondasi tiang pancang *mini pile* diharapkan dapat dijadikan sebagai alternatif desain pondasi pada Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung.



Gambar 1. Denah Lantai 1

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemilihan Jenis Pondasi

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi adalah [4]:

- a. Kondisi tanah
 - 1) Tanah keras yang terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal.
 - 2) Tanah keras yang terletak pada kedalaman hingga 10 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang *mini pile*.
- b. Kondisi struktur yang berada di atas pondasi (*upper structure*)

Kondisi struktur tersebut dipengaruhi oleh fungsi dan kepentingan suatu bangunan, jenis bahan bangunan yang dipakai (mempengaruhi berat bangunan yang ditanggung pondasi), dan seberapa besar penurunan yang diijinkan terjadi pada pondasi.
- c. Faktor lingkungan

Apabila suatu konstruksi direncanakan menggunakan pondasi jenis tiang pancang, tetapi konstruksi terletak pada daerah padat penduduk, maka pada waktu pelaksanaan pemancangan pondasi pasti akan menimbulkan suara yang mengganggu penduduk sekitar.
- d. Waktu pekerjaan

Waktu pelaksanaan pengerjaan pondasi juga harus diperhatikan agar tidak mengganggu kepentingan umum. Pondasi tiang pancang yang membutuhkan banyak alat berat mungkin harus dipertimbangkan kembali apabila dilaksanakan pada jalan raya dalam kota yang sangat padat, karena akan menimbulkan kemacetan yang luar biasa.
- e. Biaya

Jenis pondasi juga harus mempertimbangkan besar anggaran biaya konstruksi yang direncanakan, tetapi harus tetap mengutamakan kekuatan dari pondasi tersebut agar konstruksi yang didukung oleh pondasi tetap berdiri dengan aman.

2.2. Pondasi Mini Pile

Pondasi *mini pile* termasuk jenis pondasi dalam. Tiang beton pracetak (*mini pile*) adalah tiang dari beton yang dicetak di suatu tempat kemudian diangkut ke lokasi rencana. Ukuran dimensi penampang yang digunakan biasanya antara 20cm sampai 60cm [5]. Pondasi tiang minipile digunakan sebagai pondasi suatu bangunan bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter di bawah permukaan tanah [4].

Tahapan perencanaan pondasi tiang pancang [4],[5] adalah:

- a. Penentuan nilai daya dukung vertikal tiang, yaitu beban izin yang dapat ditanggung oleh 1 buah tiang yang di tancapkan pada suatu lokasi, dan pada kedalaman tertentu.

- b. Penentuan jumlah kebutuhan tiang, setelah mengetahui daya dukung izin tiang, dari beban struktur atas (beban terfaktor: DL+ LL) dapat dihitung kebutuhan tiang pada satu titik kolom.
- c. Pengecekan terhadap efisiensi dalam kelompok tiang, daya dukung sebuah tiang yang berada pada suatu kelompok tiang akan berkurang. Hal ini disebabkan tanah di sekitar tiang terdesak oleh tiang lain. Agar daya dukung tersebut tidak berkurang, setidaknya-tidaknya dibutuhkan jarak 3 kali diameter antar tiang satu dengan lainnya. Hal ini tentu saja akan mengakibatkan pemborosan tempat. Agar optimal, biasanya diatur dengan jarak antara 2,5-3 kali diameter tiang.
- d. Beban maksimum tiang pada kelompok tiang.
- e. Daya dukung horizontal, untuk tiang dalam tanah granuler ($c = 0$) [5]. Estimasi bentuk keruntuhan tiang, distribusi tahanan tanah dan distribusi momen lentur pada tiang ujung bebas dan mempunyai berat volume yang sama sepanjang tiang.
- f. Kontrol defleksi terhadap tiang vertikal dengan tiang ujung bebas dianggap tiang panjang bila $al > 4$. Menurut Hardiyatmo (2014) gerakan lateral yang ditoleransi berkisar 6mm – 18mm.
- g. Menghitung kapasitas dukung ultimit (Q_u) yaitu dengan menjumlahkan tahanan ujung ultimit dengan tahanan gesek dan dikurangi dengan berat tiang.
- h. Pengecekan terhadap gesekan negatif pada tiang dengan mengalikan luas selimut dinding tiang dengan gaya gesek negatif persatuan luas tiang tunggal. Gaya gesek negatif persatuan luas tiang tunggal adalah hasil dari tekanan *overburden* tanah dengan $K_{atan\theta}$, nilai $K_{atan\theta}$ d.

Tabel 1. Koefisien $K_{atan\theta}$ [5]

Macam tanah	$K_{atan\theta}$
Urugan batu	0,40
Pasir dan kerikil	0,35
Lanau atau lempung terkonsolidasi normal berplastisitas rendah sampai sedang ($PI < 50\%$)	0,30
Lempung terkonsolidasi normal berplastisitas tinggi	0,20

- i. Pengecekan terhadap penurunan tiang yang terjadi dengan mengalikan beban yang bekerja dengan faktor penurunan (I) kemudian dibagi dengan modulus elastisitas tanah dikali dengan diameter tiang. Nilai-nilai koefisien yang mempengaruhi faktor penurunan tiang (I).

3. METODOLOGI

Data material yang digunakan adalah :

- a. Mutu beton K-300
 f_c' : 24,90 MPa
- b. Mutu besi
 Kuat leleh (f_y) BJTP : 240 MPa = 240.000 kN/m²
 Kuat leleh (f_y) BJTD : 400 MPa = 400.000 kN/m²

Tahapan perhitungan dalam penelitian adalah :

- a. Pembebanan struktur
 - 1) Beban vertical, terdiri dari : Beban mati (DL) dan Beban hidup (LL) [6]
 - 2) Beban horizontal, terdiri dari beban gempa [7]
 - 3) Kombinasi pembebanan [4], yaitu :

$$U = 1,4 DL \quad (1)$$

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL \quad (2)$$

$$U = 1,2 DL + 1,0 LL \pm 1,0 E \quad (3)$$

$$U = 0,9 DL + 1,0 E \quad (4)$$

Keterangan :

- U = Kekuatan perlu
 DL = Beban mati
 LL = Beban hidup
 E = Beban gempa

- b. Daya dukung izin tiang

Daya dukung izin tiang ditinjau berdasarkan kekuatan izin tekan dan kekuatan izin tarik. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi tanah dan kekuatan material tiang itu sendiri [4].

- 1) Daya dukung izin tekan

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{FK_1} + \frac{T_f \times A_{st}}{FK_2} \quad (5)$$

Keterangan :

- P_a = Daya dukung izin tekan tiang
 q_c = Tahanan ujung konus sondir
 A_p = Luas penampang tiang
 T_f = Total friksi atau jumlah hambatan pelekak
 A_{st} = Keliling penampang tiang
 FK_1, FK_2 = Faktor keamanan 3 dan 5

- 2) Daya dukung izin tarik

$$P_{ta} = \frac{(T_f \times A_{st}) \times 0,70}{FK_2} + W_p \quad (6)$$

Keterangan :

- P_{ta} = Daya dukung izin tarik tiang
 W_p = Berat pondasi

c. Jumlah tiang

Perhitungan jumlah tiang yang diperlukan pada satu titik kolom menggunakan beban aksial dengan kombinasi pembebanan.

$$np = \frac{p}{p_{all}} \quad (7)$$

Keterangan :

np = Jumlah tiang
 p = Gaya aksial yang terjadi
 p_{all} = Daya dukung izin tiang

d. Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (8)$$

Keterangan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang
 θ = $\arctan D/s$
 D = Ukuran penampang
 S = Jarak antar tiang (as ke as)
 M = Jumlah tiang dalam 1 kolom
 n = Jumlah tiang dalam 1 baris

e. Beban maksimum tiang pada kelompok tiang

$$P_{maks} = \frac{P_u}{np} \pm \frac{M_y \times X_{max}}{ny \sum x^2} \pm \frac{M_x \times Y_{max}}{nx \sum y^2} \quad (9)$$

Keterangan :

P_{maks} = Beban maksimum tiang
 P_u = Gaya aksial yang terjadi
 M_y = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y
 M_x = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x
 X_{maks} = Jarak tiang arah sumbu x terjauh
 Y_{maks} = Jarak tiang arah sumbu y terjauh

f. Daya dukung horizontal

1) Tiang ujung terjepit

2) Tiang ujung bebas

Untuk tiang dalam tanah granuler ($c = 0$) :

$$K_p = \frac{(1 + \sin \phi'')}{(1 - \sin \phi')} = tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) \quad (10)$$

$$H_u = \frac{(1/2)\gamma dL^3 K_p}{e + L} \quad (11)$$

Momen maksimum terjadi pada jarak f di bawah permukaan tanah [5]:

$$H_u = (3/2) \gamma dK_p f^2 \quad (12)$$

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{dK_p \gamma}} \quad (13)$$

$$M_{max} = H_u(e + 2f/3) \quad (14)$$

Gaya horizontal yang terjadi :

$$Fx/6 < H_u \quad (15)$$

Keterangan :

c = Kohesi
 D = Ukuran penampang
 f = Jarak momen maksimum yang terjadi di bawah permukaan tanah
 F_x = Gaya arah x
 H_u = Daya dukung horizontal
 L = Kedalaman tiang
 M_{max} = Momen maksimum
 M_y = Momen arah y
 Y = Berat volume
 ϕ = Sudut gesek efektif

g. Defleksi tiang vertikal

Untuk tiang dalam tanah granuler (pasir, kerikil) defleksi tiang akibat beban lateral, dikaitkan dengan besaran tak berdimensi aL dengan [5]:

$$a = \left(\frac{n_h}{E_p I_p} \right)^{1/5} \quad (16)$$

$$aL = a/L \quad (17)$$

Keterangan :

a = Koefisien reaksi subgrade dibagi dengan kekakuan tiang
 $E_p I_p$ = Kekakuan tiang
 n_h = Koefisien reaksi subgrade

Tiang ujung bebas dianggap sebagai tiang pancang (tidak kaku), bila $aL > 4$.

Defleksi lateral tiang ujung bebas :

$$y_o = \frac{2,4H}{(n_h)^{3/5}(E_p I_p)^{2/5}} + \frac{1,6He}{(n_h)^{2/5}(E_p I_p)^{3/5}} \quad (18)$$

Rotasi tiang :

$$\theta = \frac{1,6H}{(n_h)^{2/5}(E_p I_p)^{3/5}} + \frac{1,74He}{(n_h)^{1/5}(E_p I_p)^{4/5}} \quad (19)$$

h. Kapasitas dukung ultimit

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \quad (20)$$

$$Q_b = A_b \times f_b \quad (21)$$

$$Q_s = A_s \times f_s \quad (22)$$

$$W_p = \gamma_{beton} \times D \times L \quad (23)$$

Untuk kapasitas dukung ultimit pada kelompok tiang

$$Q = E_g \times m \times n \times p_{all} \quad (24)$$

Keterangan :

A_b = Luas penampang ujung tiang

A_s	=	Luas selimut tiang
f_b	=	Tahanan ujung persatuan luas
f_s	=	Tahanan gesek persatuan luas
Q_u	=	Kapasitas dukung ultimit
Q_b	=	Tahanan ujung ultimit
Q_u	=	Tahanan gesek tiang ultimit
Q_b	=	Berat sendiri tiang

i. Gesekan negatif

Gesekan negatif terjadi bila tiang pondasi bertumpu pada tanah keras, gaya gesek negatif pada tiang tunggal menggunakan metode Johannessen dan Bjerrum [4].

$$Q_{neg} = A_s \times C_a \quad (25)$$

$$C_a = P_o \times K \tan \theta \quad (26)$$

Keterangan :

A_s	=	Luas selimut dinding tiang
C_a	=	Gaya gesek negatif persatuan luas tiang tunggal
$K \tan \theta$	=	Koefisiensi tanah yang disarankan oleh Borms
P_o	=	Tekanan <i>overburden</i> efektif tanah rata-rata atau tegangan efektif sebelum penerapan beban di tengah-tengah lapisan
Q_{neg}	=	Gaya gesek negatif tiang tunggal

Bagian bawah ujung tiang akan memikul beban terfaktor (Qt) [4] sebesar :

$$Q_t = P + Q_{neg} \quad (27)$$

Keterangan :

P	=	Beban dari atas
Q_t	=	Beban total yang harus didukung tiang

j. Penurunan tiang

Pada waktu tiang dibebani, tiang akan mengalami pemendekan dan tanah akan mengalami penurunan [5].

1) Penurunan tiang tunggal

Perhitungan penurunan tiang tunggal untuk tiang dukung ujung menggunakan metode Paulos dan Davis (1980) sebagai berikut [5] :

$$S = \frac{Pl}{E_s d} \quad (28)$$

$$I = I_o R_k R_b R_m \quad (29)$$

$$K = \frac{E_p R_A}{E_s} \quad (30)$$

Keterangan :

S	=	Penurunan kepala tiang
P	=	Beban ultimit yang bekerja pada tiang
I_o	=	Faktor pengaruh penurunan untuk tiang
R_k	=	Faktor koreksi (kompresibilitas) tiang untuk $\mu=0,5$
R_b	=	Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung
R_μ	=	Faktor koreksi angka poisson μ
K	=	Faktor Kekakuan Tiang

2) Penurunan kelompok tiang

Hubungan penurunan antara tiang tunggal dan kelompok tiang [5] :

$$\frac{S_g}{S} = \frac{(4B + 3)^2}{(B + 4)^2} \quad (31)$$

Keterangan :

S_g	=	Penurunan kelompok tiang
B	=	Lebar kelompok tiang
S	=	Penurunan tiang tunggal pada intensitas beban yang sama

Bagan alir dari penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Daya Dukung Izin Tiang

Analisis daya dukung izin tekan tiang adalah :

a. Daya dukung izin tekan

$$P_a = \frac{200 \times 625 \text{ cm}}{3} + \frac{205 \times 100}{5}$$

$$= 45,77 \text{ ton}$$

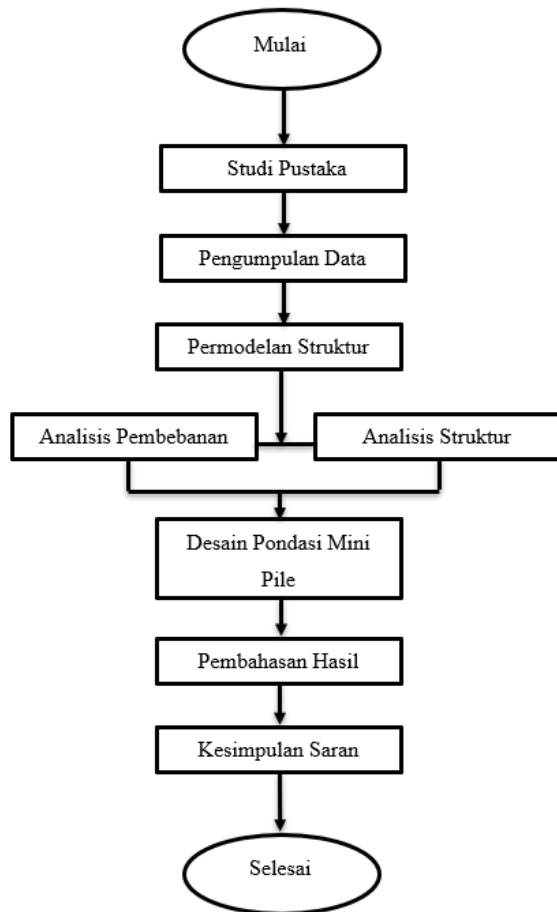
b. Daya dukung izin tarik

$$P_{ta} = \frac{(205 \times 100) \times 0,70}{5} + 1575$$

$$= 4,445 \text{ ton}$$

4.2. Kebutuhan Tiang

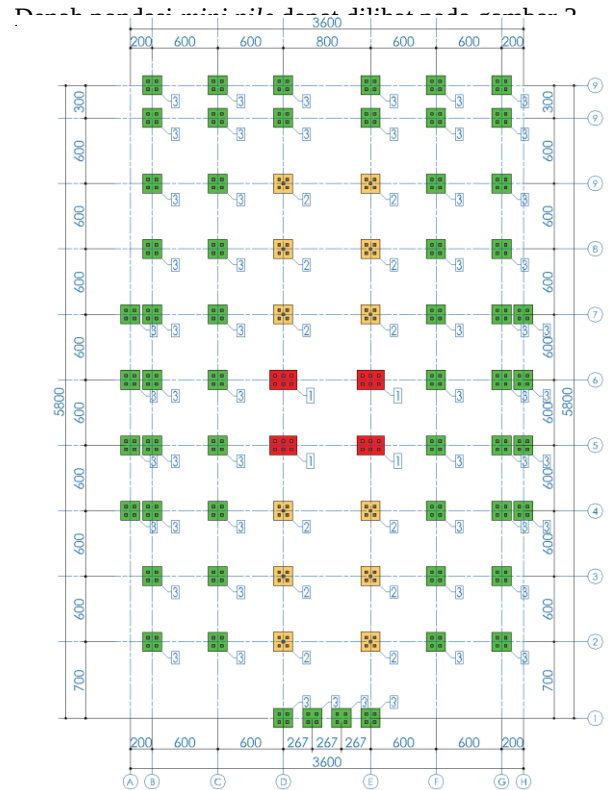
Tipe pondasi dan jumlah tiang ditentukan berdasarkan gaya aksial yang terjadi di setiap join kolom. Penentuan jumlah tiang sesuai dengan persamaan (7). Berdasarkan gaya aksial yang diperoleh maka dapat diklasifikasikan 3 type pondasi. Rekapitulasi jumlah tiang yang dibutuhkan berdasarkan jenis pondasi dapat dilihat pada tabel 2 dan denah *joint reactions* untuk tiga tipe pondasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Denah Joint Reactions

Tabel 2. Jenis Pondasi

Tipe Pondasi	Gaya Aksial P (ton)	Jumlah Tiang np
Tipe 1	106,15	6
Tipe 2	79,51	5
Tipe 3	40,006	4



Gambar 3. Denah Pondasi Mini Pile

4.3. Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi kelompok tiang dihitung berdasarkan pada persamaan (8), rekapitulasi efisiensi kelompok tiang dapat dilihat pada tabel 3.

Pada tabel 3. dapat dilihat bahwa pada setiap tipe pondasi nilai daya dukung vertikal kelompok tiang > gaya aksial yang terjadi. Sehingga ketiga tipe pondasi aman dan memenuhi persyaratan efisiensi kelompok tiang.

Tabel 3. Rekapitulasi Efisiensi Kelompok Tiang

Tipe Pondasi	Efisiensi Kelompok Tiang E_g (ton)	Daya Dukung Vertikal Kelompok Tiang Q (Ton)	Gaya Aksial P (ton)	Ket
Tipe 1	0,71	148,42	106,84	Memenuhi
Tipe 2	0,70	123,69	79,51	Memenuhi
Tipe 3	0,75	104,82	40,01	Memenuhi

4.4. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

Beban maksimum tiang pada kelompok tiang berdasarkan jenis pondasi dengan syarat yang ditetapkan sesuai dengan persamaan (9), dimana $P_{maks} < \text{Daya dukung izin tiang}$ [4]. Rekapitulasi beban maksimal tiang dapat dilihat dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

Tipe Pondasi	P maks (ton)	Daya Dukung Izin Tiang (ton)	Ket
Tipe 1	18,57	35	Memenuhi
Tipe 2	14,98	35	Memenuhi
Tipe 3	10,41	35	Memenuhi

Pada tabel 4. diperoleh P maks dari setiap tipe pondasi yang terjadi dan P maks bernilai positif yang menunjukkan bahwa *pile* mendapatkan gaya tekan. Daya dukung izin tiang sebesar 35 ton. Pada setiap tipe pondasi diperoleh beban maksimum tiang pada kelompok tiang > daya dukung izin tiang.

4.5. Daya Dukung Horizontal

Daya dukung horizontal dihitung dengan menggunakan persamaan (14) dan (15). Daya dukung horizontal pada setiap tipe pondasi dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Daya Dukung Horizontal

Tipe Pondasi	Hu (ton)	Gaya Vertikal Fx (ton)	Fx/ Jumlah Tiang (ton)	Ket
Tipe 1	2,44	7,59	1,26	Memenuhi
Tipe 2	2,44	1,49	0,30	Memenuhi
Tipe 3	2,37	0,42	0,10	Memenuhi

Pada tabel 5. dapat dilihat bahwa Fx/ jumlah tiang lebih kecil dari nilai daya dukung horizontal pada setiap tipe pondasi. Sehingga ketiga tipe pondasi aman dan memenuhi persyaratan daya dukung horizontal yang bekerja.

4.6. Defleksi Tiang Vertikal

Defleksi tiang ujung vertikal dapat dihitung berdasarkan pada persamaan (17) dan (18). Untuk rekapitulasi pada setiap tipe pondasi dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Kontrol Defleksi Tiang Vertikal

Tipe Pondasi	aL	yo	Ket
Tipe 1	41,82	11,16	Memenuhi
Tipe 2	41,82	11,16	Memenuhi
Tipe 3	41,82	15,14	Memenuhi

Pada tabel 6, diperoleh tiang ujung bebas dianggap sebagai tiang pancang (tidak kaku) karena $aL > 4$. Kontrol defleksi tiang pada tanah granuler, untuk bangunan gedung, jembatan dan bangunan struktur lainnya umumnya gerakan

lateral yang ditoleransikan hanya berkisar 6mm - 18mm [5]. Sehingga defleksi tiang vertikal yang terjadi pada ketiga tipe pondasi aman dan memenuhi toleransi gerakan lateral.

4.7. Kapasitas Dukung Ultimit

Kapasitas dukung ultimit (Q_u) berdasarkan persamaan (20), Q_u adalah tahanan ujung ultimit (Q_b) di tambah dengan tahanan gesek ultimit (Q_s) dikurangi dengan berat sendiri tiang, berdasarkan persamaan (21), (22) dan (23).

Tahanan ujung ultimit (Q_b):

$$\begin{aligned} Q_b &= A_b \times f_b \\ &= 0,0626 \times 200 \\ &= 12,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tahanan gesek ultimit (Q_s):

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \times f_s \\ &= 10,5 \times 20 \\ &= 210 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berat sendiri tiang :

$$\begin{aligned} W_p &= \text{Berat jenis beton} \times D \times L \\ &= 2400 \times 0,25 \times 10,5 \\ &= 1,575 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit (Q_u) :

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s - W_p \\ &= 12,5 + 210 - 1,575 \\ &= 220,92 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari pengecekan terhadap untuk kapasitas dukung ultimit (Q_u), didapatkan hasil Q_u sebesar 220,92 ton.

4.8. Gesekan Negatif

Gaya gesek negatif persatuan luas tiang tunggal (C_a) :

$$\begin{aligned} C_a &= P_o \times K \tan \theta \\ &= 8,925 \times 0,35 \\ &= 3,12 \text{ ton} \end{aligned}$$

Gaya gesek negatif (Q_{neg}) :

$$\begin{aligned} Q_{neg} &= A_s \times C_a \\ &= 10,5 \times 3,12 \\ &= 32,80 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tiang akan memikul beban terfaktor (Q_t) yang dapat dihitung berdasarkan pada persamaan (27). Untuk rekapitulasi beban total yang harus didukung tiang pada setiap tipe pondasi dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Beban Total yang Harus Didukung Tiang

Tipe Pondasi	Qt (ton)
Tipe 1	139,64
Tipe 2	112,31
Tipe 3	72,80

4.9. Penurunan Tiang

Pada waktu diberikan beban tiang akan mengalami penurunan, berupa penurunan tiang tunggal dan penurunan kelompok tiang, yaitu :

a. Penurunan tiang tunggal pondasi

Penurunan tiang tunggal pondasi dihitung dengan menggunakan persamaan (28) dan (29). Penurunan tiang tunggal pondasi pada setiap tipe pondasi dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Penurunan Tiang Tunggal Pondasi

Tipe Pondasi	S (mm)
Tipe 1	32,68
Tipe 2	24,32
Tipe 3	12,24

b. Penurunan kelompok tiang

Penurunan kelompok tiang pondasi dihitung dengan menggunakan persamaan (31). Penurunan kelompok tiang pondasi pada setiap tipe pondasi dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Penurunan Kelompok Tiang

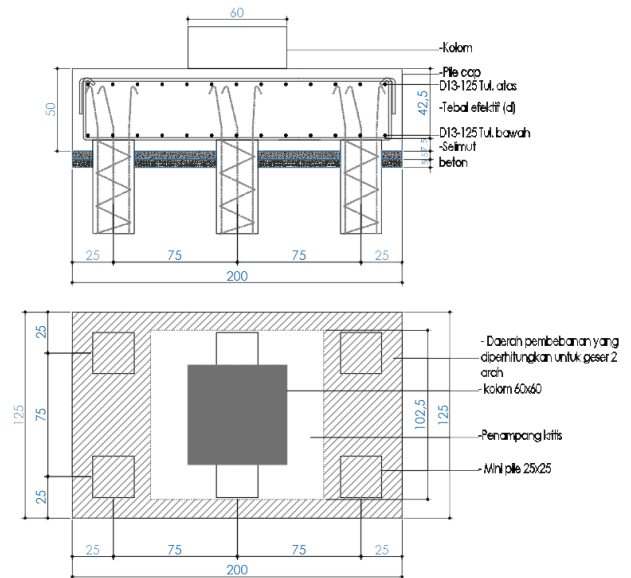
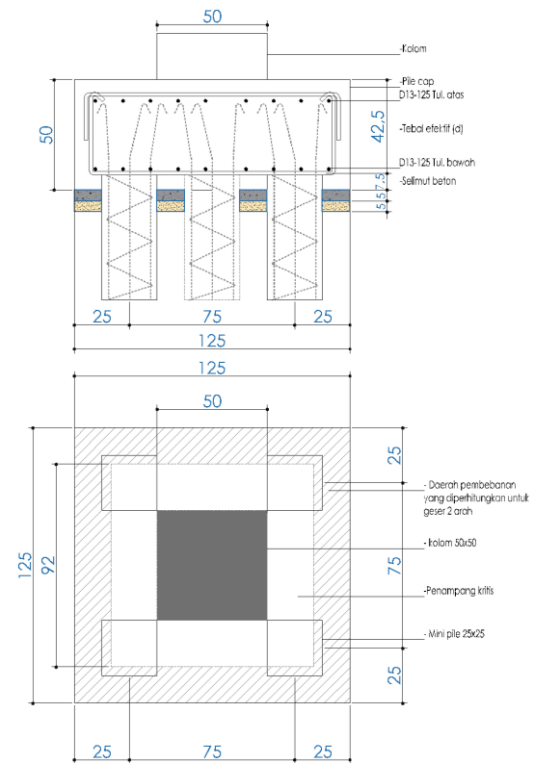
Tipe Pondasi	Sg (m)
Tipe 1	0,075
Tipe 2	0,056
Tipe 3	0,028

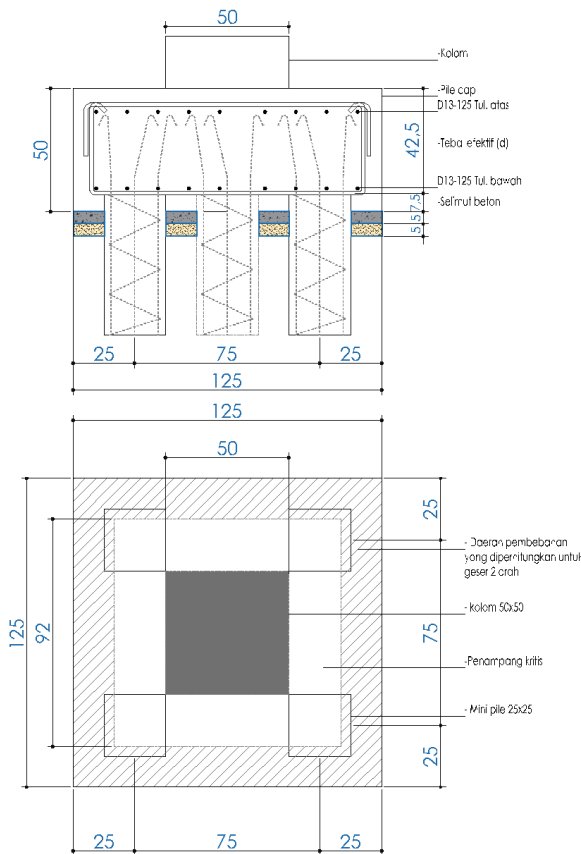
Untuk detail pondasi *mini pile* tipe 1, 2 dan 3 dapat dilihat pada gambar 4, 5 dan 6.

Dari hasil analisis pada pondasi *mini pile* Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung diperoleh bahwa daya dukung tanah mampu menerima beban pondasi *mini pile*, pondasi kuat untuk mencegah penurunan (*settlement*), tidak terjadi penurunan pondasi setempat yang besar dan memenuhi seluruh persyaratan [8]. Sehingga pondasi *mini pile* dapat dijadikan sebagai alternatif desain pengganti pondasi dengan Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSLL) yang telah direncanakan sebelumnya.

4.10. Detail Pondasi Mini Pile

Detail pondasi *mini pile* yang direncanakan berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 4, 5 dan 6.

Gambar 4. Detail Pondasi *Mini Pile* Tipe 1Gambar 5. Detail Pondasi *Mini Pile* Tipe 2

Gambar 6. Detail Pondasi *Mini Pile Tipe 3*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil redesain pondasi *mini pile* pada pembangunan Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung, didapatkan kesimpulan bahwa pondasi *mini pile* dapat dijadikan sebagai alternatif desain pada Pembangunan Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung. Ketiga tipe pondasi *mini pile* mampu untuk menahan beban dari struktur atas bangunan dengan nilai kapasitas dukung ultimit (Q_u) sebesar 220,92 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Purwanto, "Konstruksi Pondasi Sarang Laba-Laba Atas Tanah Daya Dukung Rendah Bangunan Bertingkat Tanggung," *Tek. Sipil*, vol. 12, no. 1, pp. 51–60, 2012.
- [2] W. Palbeno, N. Rasidi, and G. D. Pandulu, "Perencanaan Gedung Perkuliahan 3 lantai dengan Pondasi Sarang Laba-laba di Universitas Timor (TTU)," vol. 3, no. 1, pp. 59–66, 2018.
- [3] Y. N. Hayati and I. Farida, "Desain Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba Pada Proyek Mini Extraction Plant for Asphalt Buton," vol. 15, no. 1, pp. 31–45, 2017.
- [4] A. Pamungkas, *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [5] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2014.
- [6] SNI 2847:2019, "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung," 2019.
- [7] SNI 1726:2019, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung," 2019.
- [8] A. Azizi, M. A. Salim, and G. Ramadhon, "Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Proyek Gedung DPRD Kabupaten Pematang," vol. 6, no. 2, pp. 50–52, 2020.