

## Studi Model Lantai Basement dengan Menggunakan Tiang Pancang Mini Pile Guna Mengurangi Penurunan Studi Kasus Hotel Grand Jambo Kabupaten Jember

Ahmad Satriyo Sindu Pamungkas<sup>1\*</sup>, Pujo Priyono<sup>2</sup>, Arief Alihudien<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jl Karimata 49 Sumbersari Jember 68124.

\*Penulis Korespondensi: [ahmadsatriyo346@gmail.com](mailto:ahmadsatriyo346@gmail.com), [pujopriyono@unmuhjember.ac.id](mailto:pujopriyono@unmuhjember.ac.id), [ariefalihudien@unmuhjember.ac.id](mailto:ariefalihudien@unmuhjember.ac.id)

**Abstract.** *The construction of basements in multi-storey buildings in areas with soft soil conditions requires a foundation system that can increase the bearing capacity of the soil while reducing the risk of settlement. This study aims to analyze the basement floor model using mini pile piles in the Grand Jambo Hotel project in Jember Regency as an effort to minimize land subsidence and increase structural stability. The research method was carried out through analysis of soil investigation data in the form of Standard Penetration Test (SPT), building planning data, and structural modeling using the SAP2000 program. The analysis includes calculations of uplift forces, structural loads, subgrade reaction coefficients, pile bearing capacity based on the Meyerhof method, basement slab reinforcement, and settlement and differential settlement evaluations. The results showed that the maximum structural reaction value of 48.869 kN was still smaller than the permitted pile bearing capacity of 121.239 kN, so the foundation system was declared safe. The settlement analysis showed a maximum settlement of 1 cm, still below the Bowles permit limit of 7.5 cm, while the differential settlement value of 0.002 also met the safety requirements. Thus, the use of mini piles on basement floors has proven effective in increasing structural stability and reducing the potential for subsidence in soft soils.*

**Keywords:** *basement; soil bearing capacity; mini piles; land subsidence; SAP2000.*

**Abstrak.** Pembangunan basement pada gedung bertingkat di wilayah dengan kondisi tanah lunak memerlukan sistem pondasi yang mampu meningkatkan daya dukung tanah sekaligus mengurangi risiko penurunan (settlement). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model lantai basement dengan penggunaan tiang pancang mini pile pada proyek Hotel Grand Jambo Kabupaten Jember sebagai upaya meminimalkan penurunan tanah dan meningkatkan kestabilan struktur. Metode penelitian dilakukan melalui analisis data investigasi tanah berupa uji Standard Penetration Test (SPT), data perencanaan bangunan, serta pemodelan struktur menggunakan program SAP2000. Analisis meliputi perhitungan gaya uplift, pembebanan struktur, koefisien subgrade reaction, kapasitas daya dukung tiang berdasarkan metode Meyerhof, penulangan pelat basement, serta evaluasi settlement dan differential settlement. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai reaksi struktur maksimum sebesar 48,869 kN masih lebih kecil dibandingkan daya dukung izin tiang sebesar 121,239 kN, sehingga sistem pondasi dinyatakan aman. Analisis penurunan menunjukkan settlement maksimum sebesar 1 cm, masih berada di bawah batas izin Bowles sebesar 7,5 cm, sedangkan nilai differential settlement sebesar 0,002 juga memenuhi syarat keamanan. Dengan demikian, penggunaan tiang pancang mini pile pada lantai basement terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas struktur dan mengurangi potensi penurunan pada tanah lunak.

**Kata kunci:** basement; daya dukung tanah; mini pile; penurunan tanah; SAP2000.

### 1. LATAR BELAKANG

Pembangunan infrastruktur di kawasan perkotaan dengan keterbatasan lahan, terutama di kota-kota besar di Indonesia, menuntut perencanaan yang mampu mengoptimalkan pemanfaatan ruang vertikal tanpa mengabaikan aspek kestabilan struktur bangunan. Untuk menjawab kebutuhan tersebut, gedung bertingkat umumnya dirancang dengan tambahan ruang bawah tanah atau basement yang berfungsi sebagai

area parkir, ruang utilitas, maupun penyimpanan (Natalisa et al., 2021). Menurut Cahaya Putra et al., (2023), keberadaan basement memberikan konsekuensi terhadap peningkatan beban total pada pondasi, yang berpotensi menimbulkan penurunan tanah (*settlement*) akibat proses konsolidasi pada lapisan tanah lunak di bawahnya. Oleh karena itu, pada wilayah dengan karakteristik tanah lemah, diperlukan analisis geoteknik yang mendalam serta penerapan sistem pondasi dan perkuatan tanah yang sesuai, guna menjamin keamanan serta kinerja struktur bangunan (Zakaria et al., 2016).

Pada studi kasus di hotel jambo berdasarkan hasil uji SPT pada titik 1 (DB 1) diketahui bahwa pada kedalaman 5,5 meter nilai N-SPT sebesar 17, yang menunjukkan jenis tanah lanau berlempung dengan kondisi lunak. Pada titik 2 (DB 2) diketahui bahwa pada kedalaman 5,5 meter nilai N-SPT sebesar 5, yang menunjukkan jenis tanah lanau berlempung dengan kondisi lunak. Menurut Wahyuni et al., (2022) penerapan tiang pancang jenis mini pile sebagai fondasi basement memberikan kelebihan berupa penyangga yang kokoh sambil meminimalkan potensi penurunan struktur secara berlebihan. Aspek ini sangatlah esensial untuk menjamin kestabilan dan umur panjang bangunan basement, khususnya di lahan dengan tanah lunak atau lempung yang mudah mengalami penurunan dan deformasi (Misdi, 2024).

Galian dalam diperlukan untuk pembangunan lantai basement pada gedung bertingkat. Pada tanah lunak, galian dalam sering dilakukan, yang dapat menimbulkan risiko ketidakstabilan tanah. Oleh karena itu, tiang pancang mini, seperti mini pile adalah cara alternatif memperkuat pondasi serta menahan tekanan tanah sekaligus berperan sebagai penopang lantai basement untuk meminimalisir terjadinya penurunan yang berlebihan diarea basement (Zidane et al., 2025). Tiang pancang mini pile berfungsi untuk mentransfer beban vertikal maupun horizontal dari struktur bangunan ke lapisan tanah yang kuat, sehingga dapat meminimalkan terjadinya penurunan (*settlement*) pada bangunan yang berdiri di atas tanah lunak (Wahyuni et al., 2022).

Menurut Hartanto et al., (2018) Perencanaan tiang pancang pada lantai basement bertujuan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah serta meminimalkan risiko penurunan (*settlement*) yang timbul akibat beban vertikal maupun gaya lateral dari struktur di atasnya, terutama pada kondisi tanah yang lunak. Dalam proses perencanaannya, penting untuk memperhatikan kondisi tanah, kedalaman pemancangan, besar beban yang diterima struktur, ketepatan penentuan titik pancang, ketelitian terhadap kelurusan dan kemiringan tiang secara vertikal, serta pengaturan jarak antar tiang agar pondasi dapat berfungsi secara maksimal dan mencegah terjadinya kerusakan pada struktur bangunan (Azahar et al., 2024; Sari & Rahmawati, 2022).

Menurut Nurdiani, (2017) Penelitian ini utamanya diterapkan di kawasan perkotaan yang memiliki keterbatasan ruang, atau di sepanjang bangunan bawah tanah. Adapun faktor yang memengaruhinya meliputi kondisi tanah, sifat-sifat tanah, dan tekanan beban dari struktur, sehingga diperlukan analisis yang teliti dan komprehensif.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **A. Lantai Basement**

Lantai basement merupakan bagian dari ruang bawah tanah yang berfungsi sebagai alas penopang beban dari aktivitas di ruangan tersebut serta tekanan dari tanah di sekitarnya (Gusanto et al., 2025). Peran lantai basement sangat penting dalam menjaga kenyamanan dan keamanan aktivitas yang dilakukan di dalam basement (Astra et al., 2025). Menurut Suwandi & Rahayu, (2014) Dalam perancangannya, aspek teknis seperti kekuatan struktural, sistem drainase yang efektif, dan teknik penyegelan atau waterproofing sangat diperhatikan agar lantai tahan terhadap kelembapan dan terbebas

dari rembesan air.

**B. Klasifikasi Tanah Berdasarkan SPT**

Menurut Sinulingga, (2025) Berikut klasifikasi tanah berdasarkan uji *Standard Penetration Test* (SPT) dilakukan dengan menentukan jenis tanah sesuai nilai N-SPT.

**Tabel 1.** Klasifikasi tanah berdasarkan Nilai N-SPT

Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, $\bar{v}_s$ (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata $\bar{N}$	Kuat geser niralir rata-rata $\bar{S}_u$ (kPa)
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$ , $w_L \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

(Sumber : SNI 1726:2019)

**C. Prinsip Kerja Raft Dengan Mini Pile**

Menurut Frans & Tanoto Kalangi, (2020) Pondasi raft yang dipadukan dengan *mini pile* bekerja berdasarkan prinsip mekanika tanah dan struktur, di mana pelat pondasi kaku (*raft*) berfungsi menyebarkan beban, sementara mini pile memberikan dukungan vertikal dan lateral. Secara teknis, kombinasi ini mengoptimalkan interaksi antara raft, tanah, dan tiang sehingga mampu meningkatkan kestabilan, kapasitas dukung, serta mengontrol deformasi pondasi, terutama pada tanah lunak atau kondisi tanah yang memiliki karakteristik tidak seragam. Secara struktural, *raft* berperan sebagai pelat kaku yang menurunkan intensitas tekanan kontak pada tanah dengan cara mendistribusikan beban bangunan ke area yang lebih luas.

**D. Beban Bekerja Pada Tiang Pancang Mini Pile**

Beban yang bekerja pada struktur bangunan meliputi beban hidup, beban mati, dan uplift. Beban hidup merupakan beban tidak tetap yang bekerja pada sistem pondasi akibat adanya aktivitas maupun perubahan kondisi di atas struktur bangunan basement (Wahyudiono et al., 2017). Beban mati merupakan jenis beban yang memiliki nilai tetap dan selalu bekerja pada posisi yang sama sepanjang umur bangunan. Beban ini mencakup berat dari elemen struktur itu sendiri serta komponen lain yang terpasang secara permanen pada bangunan, seperti plat, sloof dan juga strauss (Satria et al., 2019).

Gaya uplift adalah gaya vertikal ke arah atas yang bekerja pada struktur bawah tanah akibat tekanan air tanah atau tekanan hidrostatis di bagian bawah dan sekeliling basement. Selain tekanan hidrostatis statis, besarnya gaya uplift juga dipengaruhi oleh aliran dan rembesan air tanah serta fluktuasi muka air tanah akibat perubahan kondisi hidrologi, seperti curah hujan tinggi maupun variasi musiman (Abror, 2019). Menurut Bowles, tekanan uplift dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \gamma_w \cdot h \tag{2.10}$$

dimana :

$\gamma_w$  = Gama air.

$h$  = Kedalaman stuktur.

**E. Kapasitas Daya Dukung Mini Pile**

Kapasitas dukung tujung tiang ( $Q_p$ ) dapat ditentukan secara empiris menggunakan nilai N yang diperoleh dari hasil uji SPT. Berdasarkan Meyerhof (1976), kapasitas dukung ujung tiang dapat dihitung dengan rumus yang tercantum pada persamaan berikut.

$$Q_{ptiang} = 4 \cdot A_{ptiang} \cdot N \tag{2.11}$$

dimana :

$Q_{p\text{tiang}}$  = Daya dukung ujung tiang (ton).

$A_{p\text{tiang}}$  = Luas penampang ujung tiang pancang (ft<sup>2</sup>). ( 1 ft = 30,48 cm ).

N = Nilai N-spt tiang.

Daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) adalah bagian penting dari daya dukung aksial tiang yang berasal dari proses pemindahan beban melalui tahanan geser pada bidang kontak antara permukaan selimut tiang dan tanah di sekelilingnya. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan kapasitas daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ):

Tiang perpindahan besar

$$Q_s = \frac{A_s \text{ tiang} \times N}{50} \quad (2.12)$$

Tiang Perpindahan kecil

$$Q_s = \frac{A_s \text{ tiang} \times N}{50} \quad (2.13)$$

dimana:

$Q_{s\text{tiang}}$  = Daya dukung friksi tiang (ton).

$A_{s\text{tiang}}$  = Luas selimut dinding tiang (ft<sup>2</sup>). ( 1 ft = 30,48 cm ).

N = Nilai N-SPT tiang.

Daya dukung *ultimit* ( $Q_u$  atau  $Q_u$ ) merupakan beban maksimum yang mampu dipikul oleh sistem tanah–pondasi atau tanah–tiang hingga tercapai kondisi kegagalan geser atau keruntuhan geoteknik. Persamaan yang digunakan adalah:

Daya dukung *ultimate*

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (2.15)$$

Daya dukung tanah

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \quad (2.16)$$

Daya dukung yang di izinkan

$$Q_a = Q_{all} - G \quad (2.17)$$

dimana :

$Q_u$  = Daya dukung *ultimate*.

$Q_p$  = Daya dukung ujung tiang.

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang.

$Q_{all}$  = Daya dukung tanah.

$Q_a$  = Beban yang di izinkan.

G = Berat tiang.

Sf = *Safety Factor*.

#### **F. Penurunan Izin Berdasarkan Bowles**

Penurunan maksimum dan penurunan diferensial settlement yang diperbolehkan harus disesuaikan dengan perbedaan antara bangunan yang ada dan jenis tanahnya, serta harus dianalisis secara terpisah dengan mempertimbangkan kestabilan dan fungsi struktur yang ada sebelumnya (Mahmudi, 2021). Penentuan besarnya differensial settlement dalam perencanaan pondasi tiang, menurut rekomendasi *Joseph E. Bowles, P.E., S.E.*, dilakukan berdasarkan nilai-nilai acuan yang disajikan pada Tabel 2.3 berikut.

**Tabel 2.** *Toreble differential settlement of builddings*

**Tolerable differential settlement of buildings, mm\***

Recommended maximum values in parentheses

Criterion	Isolated foundations		Rafts
Angular distortion (cracking)			1/300
Greatest differential settlement			
Clays			45 (35)
Sands			32 (25)
Maximum settlement			
Clays	75		75-125 (65-100)

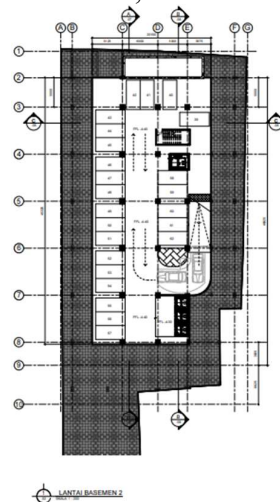
### 3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian Proyek Hotel Grand Jambo terletak di Jl. Trunojoyo No. 51A, Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Testana Engineering. Data tersebut meliputi hasil investigasi tanah (uji sondir, SPT, dan pengujian laboratorium), serta data perencanaan bangunan yang mencakup denah lantai, tampak, dan potongan bangunan. Analisis dan pengolahan data dilakukan melalui tahapan menghitung gaya uplift, syarat pembebanan untuk beban hidup, menganalisis pemodelan & jarak *mini pile* pada lantai basement, menganalisis reaksi dan deformasi pada program sap 2000, menghitung daya dukung tanah berdasarkan metode mayerhoof, penulangan plat basement, *diffrensial senttlement*.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

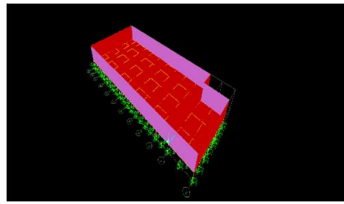
#### A. Lantai Basement

Lantai basement Hotel Grand Jambo di Jalan Trunojoyo No. 51A, Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember, Jawa Timur, memiliki luas 982,8 m<sup>2</sup>.

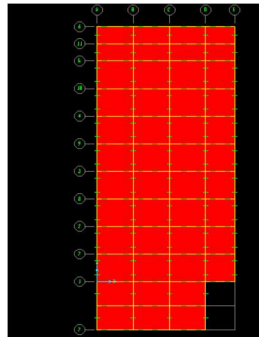


**Gambar 1.** Denah Lantai Basement 2 Hotel Grand Jambo Jember

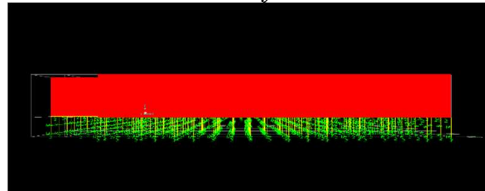
- Jumlah Lantai = 2 Lantai
- Mutu Beton (f'c) = 25 Mpa
- Mutu Baja (f'y) = 400 Mpa
- Lebar Basement = 20,1 m
- Panjang Basement = 48,9 m
- Tinggi Basement = 5,5 m
- Uk. Sloof = 60 x 40 cm
- Uk. Mini Pile = 20 x 20 cm
- Jarak Mini Pile = 1 – 3,5 m ( Prinsip 2 m )
- Tebal Plat = 40 cm



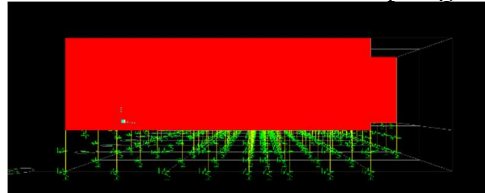
**Gambar 2.** Pemodelan Basement SAP2000



**Gambar 3.** Pemodelan Raft Foundation SAP2000



**Gambar 4.** Pemodelan Mini Pile & Springs Arah Y



**Gambar 5.** Pemodelan Mini Pile & Springs Arah X

#### **B. Hasil Pengujian *Standard Penetration Test (SPT)***

Pengujian SPT dilakukan secara langsung di lapangan dengan tujuan memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai kondisi dan karakteristik tanah di lokasi penelitian.

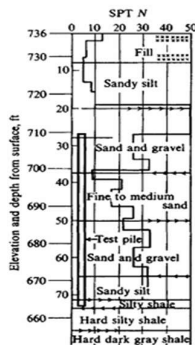
**Tabel 3.** Hasil SPT

**Studi Model Lantai Basement dengan Menggunakan Tiang Pancang Mini Pile Guna Mengurangi Penurunan Studi Kasus Hotel Grand Jambo Kabupaten Jember**

Depth	Nspt	Jenis Tanah	Konsistensi
0	0	-	-
1	2	Lempung Berpasir	Lunak
1,5	14,5	Lempung Berpasir	Lunak
2	14,5	Lempung Berpasir	Lunak
2,5	14,5	Lumpur Sedikit Berpasir	Sangat Kental
3	27	Lumpur Sedikit Berpasir	Sangat Kental
3,5	16	Lumpur Sedikit Berpasir	Sangat Kental
4	16	Lumpur Sedikit Berpasir	Sangat Kental
4,5	16	Lumpur Sedikit Berpasir	Sangat Kental
5	16	Pasir Berlumpur	Gembur Hingga Agak Padat
5,5	5	Pasir Berlumpur	Gembur Hingga Agak Padat
6	14	Pasir Berlumpur	Gembur Hingga Agak Padat
6,5	14	Pasir Berlumpur	Gembur Hingga Agak Padat
7	23	Pasir Berlumpur	Gembur Hingga Agak Padat
7,5	28,5	Pasir Berlumpur	Gembur Hingga Agak Padat
8	28,5	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
8,5	28,5	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
9	28,5	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
9,5	34	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
10	42	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
10,5	42	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
11	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
11,5	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
12	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
12,5	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
13	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
13,5	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
14	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
14,5	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
15	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
15,5	50	Lempung Berlumpur	Sedang Hingga Sangat Padat
Rata - rata			19,9

(Sumber : Analisis Penulis)

Berdasarkan hasil pengujian SPT yang diperoleh, nilai rata-rata kedalaman mini pile pada kedalaman 5,5 – 7,5 m dengan N-SPT sebesar 19,9 mengindikasikan bahwa tanah pada lokasi rencana pembangunan termasuk dalam kategori tanah lumpur berpasir.



**Gambar 6.** Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Nilai N-SPT

**C. Koefisien Subgrade Reaction**

Springs pada pondasi mini pile berfungsi sebagai model elastis yang mempresentasikan tingkat kekakuan tanah dalam merespons pergerakan tiang. Elemen ini mencerminkan keterkaitan antara gaya reaksi yang diberikan tanah dan deformasi tiang yang terjadi (Jovan et al., 2023).

a) Koefisien Subgrade Reaction ( Depth 5,5 m )

$$\begin{aligned}
 C_u &= 5 \times 5,5 \\
 &= 25 \text{ kPa} \\
 K_v &= 40 \times 25
 \end{aligned}$$

$$= 1000 \text{ Kn/m}^3$$

$$K_h = 0,3 \times 1000$$

$$= 300 \text{ Kn/m}^3$$

b) *Koefisien Subgrade Reaction ( Depth 6,5 m )*

$$C_u = 5 \times 14$$

$$= 70 \text{ kPa}$$

$$K_v = 40 \times 70$$

$$= 2800 \text{ Kn/m}^3$$

$$K_h = 0,3 \times 2800$$

$$= 840 \text{ Kn/m}^3$$

c) *Koefisien Subgrade Reaction ( Depth 7,5 m )*

$$C_u = 5 \times 23$$

$$= 115 \text{ kPa}$$

$$K_v = 40 \times 115$$

$$= 4600 \text{ Kn/m}^3$$

$$K_h = 0,3 \times 4600$$

$$= 1380 \text{ Kn/m}^3$$

**Tabel 4.** Hasil Hitungan *Koefisien Subgrade Reaction*

Depth	Cu (kPa)	Kv (Kn/m3)	Kh (Kn/m3)
5,5	25	1000	300
6,5	70	2800	840
7,5	115	4600	1380

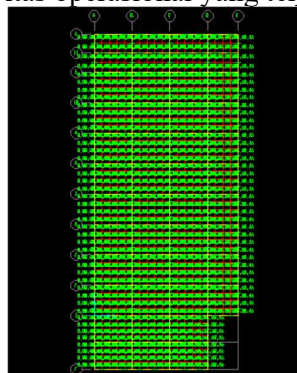
#### **D. Pembebanan Struktur**

##### ***Beban Mati***

Berdasarkan eksisting serta analisis dari program SAP 2000 untuk beban mati yang bekerja meliputi beban dari plat, sloof dan tiang strauss dengan beban yang bekerja sebesar 163,985 Kn.

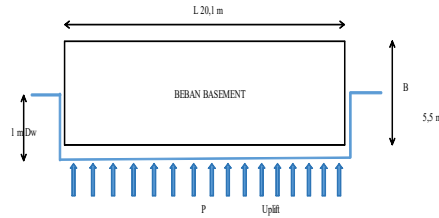
##### ***Beban Hidup***

Pada penelitian ini, struktur yang dianalisis merupakan basement yang difungsikan sebagai area parkir, sehingga penentuan nilai beban hidup mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983. Berdasarkan ketentuan tersebut, beban hidup untuk lantai gedung parkir pada lantai bawah ditetapkan sebesar 800 kg/m<sup>2</sup>, yang setara dengan 7,85 kN/m<sup>2</sup>. Menurut Ruliyansyah, (2015) Selain berfungsi sebagai area parkir, basement yang dianalisis juga dimanfaatkan sebagai gudang dan ruang penyimpanan, sehingga beban hidup yang diperhitungkan mencakup berat kendaraan, pengguna, peralatan, serta aktivitas operasional yang terjadi di dalam area tersebut.



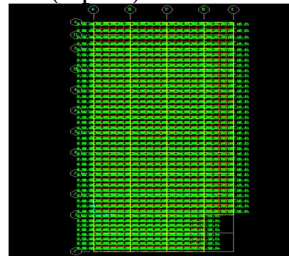
**Gambar 7.** Pemodelan Beban Hidup Untuk Lantai Basement SAP2000

**Beban Hidup Uplift**



**Gambar 8.** Visualisasi Gaya Uplift Yang Bekerja

$$\begin{aligned}
 P &= \gamma_w \times B \\
 &= 5,5 \text{ ton/m}^3 \\
 &= -55 \text{ Kn/m}^3 \text{ (Uplift)}
 \end{aligned}$$



**Gambar 9.** Pemodelan Beban Uplift Yang Bekerja Pada Plat Basement SAP2000

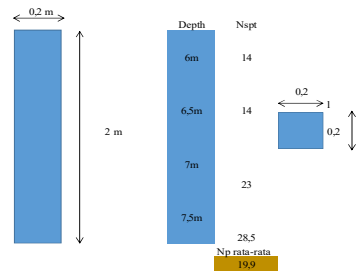
**E. Joint Reaction Combo**

**Tabel 5.** Hasil Joint Reaction SAP 2000

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
298	COMB1	Combination	1,27	0,068	33,638	0	0	0
299	COMB1	Combination	1,003	2,185	22,747	0	0	0
300	COMB1	Combination	0,25	0,703	0	0	0	0
301	COMB1	Combination	-0,094	2,037	33,347	0	0	0
302	COMB1	Combination	-0,098	0,656	0	0	0	0
303	COMB1	Combination	0,336	0,023	0	0	0	0
304	COMB1	Combination	3,348	-0,264	36,424	0	0	0
305	COMB1	Combination	0,958	-0,111	0	0	0	0
306	COMB1	Combination	1,539	-2,576	32,771	0	0	0
307	COMB1	Combination	0,376	-0,84	0	0	0	0
308	COMB1	Combination	0,341	-2,307	48,869	0	0	0
309	COMB1	Combination	-0,00508	-0,754	0	0	0	0
310	COMB1	Combination	3,967	-0,21	35,923	0	0	0
311	COMB1	Combination	1,161	-0,093	0	0	0	0
312	COMB1	Combination	2,495	1,021	22,538	0	0	0
313	COMB1	Combination	0,725	0,328	0	0	0	0
314	COMB1	Combination	2,528	0,092	33,276	0	0	0
315	COMB1	Combination	0,736	0,03	0	0	0	0
316	COMB1	Combination	-2,663	1,344	17,667	0	0	0
317	COMB1	Combination	-0,931	0,452	0	0	0	0

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan kombinasi pembebanan yang mencakup beban mati, beban hidup, serta gaya uplift, diperoleh nilai reaksi sebesar 48,869 kN yang bekerja ke arah bawah (tekan).

**F. Perhitungan Daya Dukung Tiang**



**Gambar 10.** Tiang Pancang Mini Pile

Data & Dimensi Tiang Mini Pile :

$$b = 0,20 \text{ m}$$

$$l = 0,20 \text{ m}$$

$$B = 2 \text{ m}$$

$$A_p = 0,43 \text{ ft}^2$$

$$A_s = 17,22 \text{ ft}^2$$

$$F_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$G = 0,192 \text{ t}$$

$$V = 48,869 \text{ Kn}$$

Dikarenakan menghitung rumus menggunakan metode mayerhoof untuk mempermudah menghitung luasan dari selimut tahanan tiang, luasan dalam bentuk  $\text{ft}^2$ .

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$= 20 / 30,48 = 0,66 \text{ ft}$$

$$l = 20 \text{ cm}$$

$$= 25 / 30,48 = 0,66 \text{ ft}$$

$$B = 2 \text{ m}$$

$$= 2 \times 100 / 30,48$$

$$= 6,562 \text{ ft}$$

a) Tahanan ujung tiang ( $Q_p$ ) berdasarkan metode mayerhoof

$$Q_p = 4 \times A_{p\text{tiang}} \times N\text{-spt}_{\text{tiang}}$$

$$= 4 \times 0,43 \times 19,9$$

$$= 34,229 \text{ t}$$

$$= 335,789 \text{ Kn}$$

b) Tahanan selimut tiang ( $Q_s$ )

$$Q_s = (A_{s\text{tiang}} \times N) / 100$$

$$= (17,22 \times 19,9) / 100$$

$$= 3,422 \text{ t}$$

$$= 33,578 \text{ Kn}$$

c) Cek kekuatan bahan tiang

$$\text{Teg. Ijin Beton } (\sigma) = 0,25 - 0,33 f_c' , \text{ diambil } 0,33$$

$$\Sigma_{\text{bahan}} = f_c' \times 0,33$$

$$= 25 \times 0,33$$

$$= 8 \text{ Kg/cm}^2$$

d) Kekuatan Tiang ( P Tiang )

$$P \text{ Tiang} = \Sigma_{\text{bahan}} \times A_{\text{tiang}}$$

$$= 8 \times 20^2$$

$$= 3300 \text{ kg}$$

$$= 3300/1000$$

$$= 3,30 \text{ t}$$

**Studi Model Lantai Basement dengan Menggunakan Tiang Pancang Mini Pile Guna Mengurangi Penurunan Studi Kasus Hotel Grand Jambo Kabupaten Jember**

$$= 3,30 \times 9,81$$

$$= 32,373 \text{ Kn}$$

e) Daya dukung Ultimate dan Allowable ( Ijin )

Safety Factor yang diambil adalah 3

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 34,229 + 3,422$$

$$= 37,65 \text{ t}$$

$$Q_{all} = Q_u / S_f$$

$$= 37,65 / 3$$

$$= 12,55 \text{ t}$$

Beban Diijinkan,

$$= Q_{all} - \text{Berat Tiang}$$

$$= 12,55 - 0,192$$

$$= 12,359 \text{ t}$$

$$= 121,239 > 48,869 \text{ Kn (beban yang diizinkan lebih besar dari beban yang bekerja).}$$

**G. Element Forces – Area Sheels**

**Tabel 6. Element Force Area Sheels**

TABLE: Element Forces - Area Sheels																						
Area	AreaElen	ShellType	Joint	OutputCase	CaseType	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Text	Text	Text	Text	Text	Text	KN/m	KN/m	KN/m	KN/m	KN/m	Degrees	KN/m	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m	Degrees	KN/m	KN/m	KN/m	Degrees
2135	827	Shell-Thin	2205	DCON2	Combination	-25.36	-62.33	-93.08	51.05	-138.74	-39.383	170.12	-75.8499	-60.4591	84.936	17.1294	-153.4384	47.589	-7.02	-40.89	41.49	-99.735
2136	828	Shell-Thin	2206	DCON2	Combination	-32.95	-92.11	-97.08	38.96	-164.02	-36.528	186.57	-56.3536	-46.3054	91.0733	39.8823	-142.5413	46.579	-20.89	13.56	24.91	147.002
2136	828	Shell-Thin	2205	DCON2	Combination	-28.06	-75.81	-90.87	42.02	-145.89	-37.64	170.82	-71.8805	-60.4402	87.5414	21.5678	-153.8885	46.669	-20.89	-2.05	20.99	-174.41
2137	829	Shell-Thin	2205	DCON2	Combination	-22.89	-61.89	-86.93	46.09	-131.87	-38.835	159.98	-71.4942	-59.1523	91.277	26.1621	-156.8086	46.934	-18.23	-37.17	41.4	-116.13
2137	829	Shell-Thin	2206	DCON2	Combination	-26.3	-69.92	-99.14	53.4	-149.63	-38.796	182.29	-56.5633	-47.0044	96.4413	44.7758	-148.3435	46.419	-18.23	-39.53	43.53	-114.76
2137	829	Shell-Thin	2198	DCON2	Combination	-34.91	-72.51	-88.47	36.73	-144.15	-39.002	165.6	-25.4295	-4.0478	100.363	86.3911	-115.8684	48.034	-22.04	-39.53	45.26	-119.14
2137	829	Shell-Thin	2195	DCON2	Combination	-32.51	-64.48	-76.25	29.42	-126.4	-39.079	143.39	-44.1718	-19.1483	95.3987	64.5556	-127.8758	48.736	-22.04	-37.17	43.21	-120.67
2138	830	Shell-Thin	2103	DCON2	Combination	-25.53	-89.88	-74.25	23.21	-138.63	-33.285	151.57	-73.8827	-33.0867	87.9655	36.8129	-143.7823	51.528	-82.68	6.1	82.9	175.78
2138	830	Shell-Thin	2108	DCON2	Combination	-37.91	-131.15	-85.64	12.98	-182.04	-30.719	188.86	3.2155	9.9122	90.0904	96.7165	-83.5888	46.064	-82.68	27.91	87.26	161.344
2138	830	Shell-Thin	2207	DCON2	Combination	-33.17	-129.73	-130.4	57.6	-220.5	-34.841	254.24	-24.6193	-27.6398	97.0651	70.9473	-123.2064	44.554	-27.53	27.91	39.21	134.607
2138	830	Shell-Thin	2206	DCON2	Combination	-20.79	-88.46	-119	69.1	-178.34	-37.064	221.14	-46.5739	-43.3715	94.9382	49.979	-139.9244	45.483	-27.53	6.1	28.2	167.507
2139	831	Shell-Thin	2206	DCON2	Combination	-14.13	-66.27	-121.06	83.64	-164.04	-38.924	218.23	-46.7836	-44.0704	99.8134	54.3956	-145.2496	45.389	-24.81	-30.96	39.68	-128.71
2139	831	Shell-Thin	2207	DCON2	Combination	-12.67	-61.38	-137.25	102.37	-176.42	-39.968	244.27	-24.4173	-26.9665	101.7968	76.1128	-127.4967	44.641	-24.81	-28.42	37.72	-131.13
2139	831	Shell-Thin	2201	DCON2	Combination	-39.54	-69.45	-98.75	45.39	-154.37	-40.695	181.37	0.5567	6.075	104.8547	108.2069	-101.5751	45.754	-41.09	-28.42	49.96	-145.33
2139	831	Shell-Thin	2198	DCON2	Combination	-41.01	-74.34	-82.56	26.56	-141.9	-39.294	156.87	-38.0857	-7.8447	102.8714	81.0115	-126.9418	49.181	-41.09	-30.96	51.45	-143
2140	832	Shell-Thin	2108	DCON2	Combination	-43.95	-132.96	-138.37	56.9	-233.81	-38.084	266.85	-38.6428	-2.6453	93.3918	74.4663	-115.7544	50.454	-124.88	19.3	126.36	171.214
2140	832	Shell-Thin	2207	DCON2	Combination	-9.99	-19.76	-85.25	70.52	-100.26	-43.559	148.65	82.9137	37.4789	89.9942	153.0135	-32.6209	37.916	-124.88	35.92	129.94	163.951
2140	832	Shell-Thin	2208	DCON2	Combination	30.2	-7.71	-81	94.43	-71.94	-38.416	144.52	11.5385	-3.1775	94.1425	98.6371	-90.2261	42.758	-22.47	35.92	42.37	122.026
2140	832	Shell-Thin	2207	DCON2	Combination	-3.76	-120.91	-134.12	84.01	-208.68	-33.204	261.03	-7.5621	-22.5226	97.5401	82.7842	-112.8689	42.807	-22.47	19.3	29.62	139.34
2141	833	Shell-Thin	2207	DCON2	Combination	16.74	-52.56	-140.97	127.26	-163.08	-38.095	252.08	-7.3601	-21.8494	100.9427	86.5976	-115.8071	42.947	-22.54	-17.76	28.7	-141.76
2141	833	Shell-Thin	2208	DCON2	Combination	-15.79	-161	-118.25	50.37	-227.16	-29.226	256.08	11.7514	-2.6346	102.2328	107.044	-97.9272	42.988	-22.54	-23.94	32.88	-133.28
2141	833	Shell-Thin	9	DCON2	Combination	-95.51	-184.91	-117.98	-14.04	-266.38	-34.625	259.64	51.3291	25.6745	106.2325	145.7948	-68.7912	41.567	-78.64	-23.94	82.21	-163.07
2141	833	Shell-Thin	2201	DCON2	Combination	-62.98	-76.48	-140.71	71.14	-210.6	-43.627	253.76	-23.8812	-1.2564	105.2333	93.2708	-118.4084	48.068	-78.64	-17.76	80.62	-167.27
													6.35	-218.9486	-143.0265	-108.136						
													400.84	133.1288	192.2547	121.1336						

Berdasarkan analisis hasil SAP 2000 untuk gaya dalam bidang plat didapatkan hasil momen lentur arah x sebesar – 218,9486 Kn-m/m dan untuk momen lentur arah y sebesar 192,2547 Kn-m/m.

**H. Cek Geser 2 Arah**

Data :

$$F_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$N = 97,83 / 100$$

$$= 0,9783 \text{ Kg}$$

$$= N / \phi$$

$$= 0,9783 / 0,6$$

$$= 1,6305$$

$$P = 40 \text{ mm}$$

$$H = 400 \text{ mm}$$

$$d = h - p$$

$$= 400 - 40$$

$$= 360 \text{ mm}$$

$$\beta_c = 1$$

$$b_{klm} = 300 \text{ mm}$$

$$h_{klm} = 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} b_o &= b_{klm} + 2 \times 0,5 \times H_t \\ &= 300 + 2 \times 0,5 \times 400 \\ &= 700 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_o &= h_{klm} + 2 \times 0,5 \times H_t \\ &= 400 + 2 \times 0,5 \times 400 \\ &= 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek Geser Pons :

$$\begin{aligned} A &= 2 \times (b_o + h_o) \times d \\ &= 2 \times (700 + 800) \times 360 \\ &= 1080000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= (1 + 2/\beta_c) \times (f_c'^{0,5}/6) \times A \\ &= (1 + 2/1) \times (25^{0,5}/6) \times 1080000 \\ &= 2700000 \text{ N} \\ &= 270000 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= (f_c'^{0,5}/3) \times A \\ &= (25^{0,5}/3) \times 1080000 \\ &= 1800000 \text{ N} \\ &= 180000 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$V_c$ , diambil yang paling terkecil : 180000 Kg

$$\begin{aligned} \text{Cek} &= V_c > N/\Phi \\ &= 180000 > 1,6305 \text{ Ok ( Berarti dimensi plat bisa dipakai )} \end{aligned}$$

#### **I. Penulangan Plat Lentur Arah X**

$$M_u = 218,9486 \text{ Kn}$$

$$\Phi = 0,8$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \Phi \\ &= 218,9486 / 0,8 \\ &= 273,68575 \text{ Kn} \\ &= 273685750 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimensi Poor :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d = 360 \text{ mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (bd^2) \\ &= 273685750 / (1000/360^2) \\ &= 2,111772762 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0,85f_c') \\ &= 18,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{\sqrt{2mR_n}}{f_y}} \right\} \\ &= 0,0106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0106$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0106 \times 1000 \times 360 \\ &= 3801,190972 \text{ mm}^2 \text{ ( As Kebutuhan )} \end{aligned}$$

Tulangan :

$$D = 25 \text{ mm}$$

$$S = 120 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= 3,14 / 4 \times D^2 \times b / S \\ &= 3,14 / 4 \times 25^2 \times 1000 / 120 \\ &= 4088,541667 \text{ mm}^2 \text{ ( As Pakai )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek} &= \text{As pakai} > \text{As kebutuhan} \\ &= 4088,541667 > 3801,190972 \text{ Oke ( Maka tulangan yang digunakan memenuhi kebutuhan momen )} \end{aligned}$$

#### **J. Penulangan Plat Arah Y**

$$M_u = 192,2547 \text{ Kn}$$

$$\Phi = 0,8$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \Phi \\ &= 192,2547 / 0,8 \\ &= 240,318375 \text{ Kn} \\ &= 240318375 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimensi Poor :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d = 360 \text{ mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (bd^2) \\ &= 240318375 / (1000/360^2) \\ &= 1,854308449 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0,85f_c') \\ &= 18,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{\sqrt{2mR_n}}{f_y}} \right\} \\ &= 0,0093 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0093$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0093 \times 1000 \times 360 \\ &= 3337,755208 \text{ mm}^2 \text{ ( As Kebutuhan )} \end{aligned}$$

Tulangan :

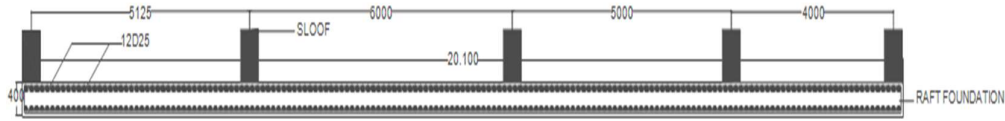
$$D = 25 \text{ mm}$$

$$S = 140 \text{ mm}$$

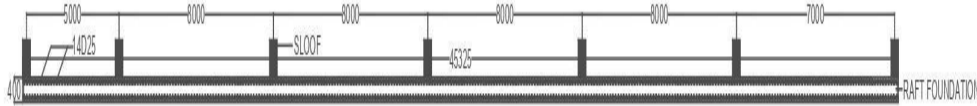
$$\begin{aligned} \text{As} &= 3,14 / 4 \times D^2 \times b / S \\ &= 3,14 / 4 \times 25^2 \times 1000 / 140 \\ &= 3504,464286 \text{ mm}^2 \text{ ( As Pakai )} \end{aligned}$$

**Studi Model Lantai Basement dengan Menggunakan Tiang Pancang Mini Pile Guna Mengurangi Penurunan Studi Kasus Hotel Grand Jambo Kabupaten Jember**

Cek = As pakai > As kebutuhan  
 = 3504,46428 > 3337,755208 Ok ( Maka tulangan memenuhi kebutuhan momen )



**Gambar 11. Penulangan Plat Basement Arah X**



**Gambar 12. Penulangan Plat Basement Arah Y**

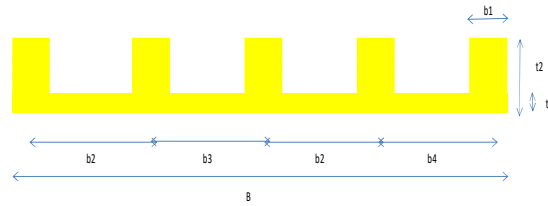
**K. Joint Displacement**

**Tabel 7. Hasil Displacement SAP 2000**

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	Case Type	U1	U2	U3	R1	R2	R3	
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians	
76	COMB1	Combination	0,001463	0,000134	0,003342	0,000123	-0,001119	0,000002661	
77	COMB1	Combination	0,002579	0,000146	0,003562	0,000069	-0,001076	0,000002691	
78	COMB1	Combination	0,001241	-0,003045	-0,008426	0,000488	0,000174	-0,000666	
79	COMB1	Combination	0,001224	-0,000347	-0,007371	0,000068	0,000254	0,000146	
80	COMB1	Combination	0,001271	-0,004622	-0,00951	0,000851	0,000261	0,000037	
81	COMB1	Combination	0,00129	-0,004459	-0,010631	0,001052	0,00018	-0,00039	
82	COMB1	Combination	0,001482	0,000076	0,003564	0,000073	-0,001142	0,000002691	
83	COMB1	Combination	0,002593	0,000062	0,00369	0,000032	-0,001085	0,000002983	
84	COMB1	Combination	0,005337	-0,000282	-0,008136	0,000055	0,00104	0,000593	
85	COMB1	Combination	0,006569	-0,000254	-0,007832	0,000087	0,001179	-0,000713	
86	COMB1	Combination	0,00905	-0,000208	-0,007562	0,000048	0,001896	-0,000478	
87	COMB1	Combination	0,010304	-0,000154	-0,007356	0,00005	0,00221	-0,000179	
88	COMB1	Combination	0,01063	-0,000094	-0,007208	0,000025	0,002297	0,000001407	
89	COMB1	Combination	0,010331	-0,000033	-0,007128	0,000013	0,002228	0,000151	
90	COMB1	Combination	0,009354	0,000025	-0,007109	-0,000001005	0,001999	0,000354	
91	COMB1	Combination	0,007382	0,000077	-0,007155	-0,000021	0,001533	0,000652	
92	COMB1	Combination	0,00416	0,000116	-0,007249	-0,000019	0,000779	0,000938	
93	COMB1	Combination	0,0018	0,000132	-0,00733	-0,000042	0,000176	0,000884	
94	COMB1	Combination	-0,001339	-0,000333	-0,007076	0,000091	-0,000185	0,001018	
95	COMB1	Combination	-0,004728	-0,000302	-0,006794	0,000066	-0,001034	0,00086	
96	COMB1	Combination	-0,007458	-0,000251	-0,006523	0,000064	-0,001667	0,000518	
97	COMB1	Combination	-0,008979	-0,000188	-0,006314	0,00004	-0,002027	0,000264	
98	COMB1	Combination	-0,009683	-0,00012	-0,006181	0,000025	-0,002192	0,000102	
99	COMB1	Combination	-0,00985	-0,00005	-0,006122	0,000005604	-0,002229	-0,000015	
100	COMB1	Combination	-0,009547	0,000018	-0,006139	-0,000015	-0,002152	-0,000144	
101	COMB1	Combination	-0,008614	0,000082	-0,006228	-0,000026	-0,001926	-0,00034	
102	COMB1	Combination	-0,006707	0,000138	-0,006384	-0,00005	-0,001471	-0,000633	
103	COMB1	Combination	-0,003566	0,000179	-0,006592	-0,000047	-0,00073	-0,000918	
104	COMB1	Combination	-0,001247	0,000195	-0,006745	-0,000071	-0,000135	-0,000874	
105	COMB1	Combination	0,001487	0,000029	0,003692	0,000034	-0,001152	0,000002983	
106	COMB1	Combination	0,002597	-0,000013	0,003721	-0,000001031	-0,00109	0,000003088	
107	COMB1	Combination	0,001486	-0,000012	0,003723	-0,000001377	-0,001157	0,000003088	
108	COMB1	Combination	0,00258	-0,000092	0,003678	-0,000036	-0,001086	0,000003231	
109	COMB1	Combination	0,001474	-0,000056	0,00368	-0,000038	-0,001152	0,000003231	
110	COMB1	Combination	0,002553	-0,000186	0,003531	-0,000077	-0,001076	0,000003424	
111	COMB1	Combination	0,001456	-0,000107	0,003533	-0,000082	-0,001142	0,000003424	
112	COMB1	Combination	0,002494	-0,000311	0,003274	-0,000134	-0,001052	0,000003438	
113	COMB1	Combination	0,001422	-0,000175	0,003276	-0,000142	-0,001117	0,000003438	
114	COMB1	Combination	0,002408	-0,000474	0,002845	-0,000208	-0,001015	0,000003722	
115	COMB1	Combination	0,001373	-0,000262	0,002847	-0,00022	-0,001078	0,000003722	

Berdasarkan hasil analisis penurunan yang diperoleh dari tabel keluaran program SAP2000, dapat diketahui bahwa penurunan yang terjadi masih berada dalam batas aman. Nilai penurunan total maksimum tercatat sebesar -0,01 m (1 cm), yang masih lebih kecil dibandingkan dengan batas penurunan izin yang disyaratkan. Menurut bowles, yaitu sebesar 75 mm atau 7,5 cm. Dengan demikian, pondasi yang direncanakan dinyatakan memenuhi kriteria pelayanan (*serviceability*) terhadap penurunan (Retno Palupi & Priyanto, 2023).

**L. Differential Settlement**



**Gambar 13. Pemodelan Basement & Sloof**

Plat Basement :

$$t1 = 0,4 \text{ m}$$

$$B = 2 \times 5 + 6 + 4 + 0,4$$

$$= 20,4 \text{ m}$$

$$I = 0,4^3/12 \times 20,4$$

$$= 0,1088 \text{ m}^4$$

$$b2 = 5 \text{ m}$$

$$b3 = 6 \text{ m}$$

$$b4 = 4 \text{ m}$$

Sloof :

$$t2 = 0,6 \text{ m}$$

$$b1 = 0,4 \text{ m}$$

$$I = 1/12 \times 0,4 \times 0,6^3 \times 4$$

$$= 0,0288 \text{ m}^4$$

Ltotal :

$$= 0,0288 + 0,1088$$

$$= 0,1376 \text{ m}^4$$

$$fc' = 25 \text{ Mpa}$$

$$Ec = 4700 \times 25^{0,5}$$

$$= 23500 \text{ N/mm}^2$$

$$= 23500000 \text{ Kn/m}^2$$

$$Kv = 1000 \text{ Kn/m}^3$$

$$Es = 250(N + 15)$$

$$= 250(5 + 15)$$

$$= 5000$$

$$Kr = Ec \times I_c / (B^3 \times Es)$$

$$= 23500000 \times 0,1376 / (20,4^3 \times 5000)$$

$$= 0,07 < 0,5 \text{ (Maka, plat dikategorikan sebagai flexible plate)}$$

Cek *Differential Settlement*

$$\Theta = \frac{\Delta}{L} < 1/300$$

$$= \frac{0,01}{3,5} < 0,003$$

= 0,002 < 0,003 Ok. karna differential settlement antar mini pile masih dikatakan aman dalam syarat penurunan.

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kapasitas daya dukung tiang serta analisis pembebanan struktur yang meliputi beban mati, beban hidup, dan gaya angkat (*uplift*), dapat dinyatakan bahwa sistem perkuatan lantai basement dengan memanfaatkan tiang pancang *mini pile* mampu berfungsi dengan baik dalam mendukung kinerja struktur. Oleh karena itu, penerapan tiang pancang *mini pile* pada lantai basement dapat menjadi salah

satu solusi yang efektif untuk meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban sekaligus meminimalkan potensi terjadinya penurunan tanah (*settlement*). Selain berperan dalam meningkatkan stabilitas struktur secara keseluruhan, sistem ini juga sangat sesuai diterapkan pada bangunan bertingkat yang didirikan di atas tanah dengan kondisi lunak atau memiliki daya dukung yang relatif rendah. Di sisi lain, ukuran *mini pile* yang relatif kecil memberikan kemudahan dalam proses pelaksanaan konstruksi, terutama pada lokasi dengan keterbatasan ruang kerja. Berdasarkan hasil analisis pembebanan yang telah dilakukan, penggunaan tiang pancang *mini pile* terbukti memiliki peran yang signifikan dalam memikul serta menyalurkan beban vertikal dari struktur basement menuju lapisan tanah yang memiliki kapasitas daya dukung lebih tinggi. Kehadiran *mini pile* tidak hanya berfungsi untuk mendistribusikan beban secara lebih merata pada sistem pondasi, tetapi juga turut meningkatkan kestabilan dan kinerja struktur pondasi dalam menghadapi berbagai jenis beban yang bekerja, baik beban permanen maupun beban tambahan yang timbul selama masa pembangunan. Dengan demikian, penerapan sistem pondasi pelat basement yang diperkuat dengan tiang pancang *mini pile* dapat dinilai aman dari sisi kinerja struktural karena mampu memenuhi ketentuan kekuatan serta stabilitas yang dipersyaratkan dalam perencanaan.

#### DAFTAR REFERENSI

- Abror, F. M. (2019). *PERANCANGAN ANALISIS STABILITAS GAYA UPLIFT PRESSURE PADA BENDUNG BERBASIS VISUAL BASIC. 1*(1), 15–21.
- Astra, P., Silaban, M. E., Febriansyah, I. A., Delta, B. F., Lippo, S., Cibat, K., Selatan, K. C., Barat, J., & Astra, P. (2025). *Technologic, volume 16, nomor 1. 16*, 65–72.
- Azahar, R., Surya Handika, P., Teknik Bangunan, P., Teknik, F., Negeri Medan Jl William Iskandar Ps, U. V, Baru, K., Percut Sei Tuan, K., Deli Serdang, K., & Utara, S. (2024). Metode Pelaksanaan Penggabungan Tiang Pancang dan Kepala Tiang pada Proyek Apartemen Princeton Boutique Living di Kota Medan. *Universitas Negeri Jakarta Jl. R. Mangun Muka Raya, 16*(3), 44–52.
- Cahaya Putra, P. A. A., Sinarta, I. N., & Nudja S., I. K. (2023). Kajian Penurunan Fondasi Rakit Di Atas Tanah Lempung Berpasir Di Gedung Ditreskrimsus Polda Bali. *Jurnal Ilmiah MITSU (Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja), 11*(2), 45–50. <https://doi.org/10.24929/ft.v11i2.2091>
- Frans, R., & Tanoto Kalangi, H. (2020). *Analisis Penggunaan Combined Pile Raft Foundations (CPRF) Tipe Mini Pile Dan Tipe Caisson (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung XYZ di Makassar)*.
- Gusanto, S., Susilo, A. J., & Leman, S. (2025). Analisis Interaksi Structure-Soil-Structure Pada Basement Adjacent Terhadap Defleksi Dinding Basement. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 8*(3), 645–658. <https://doi.org/10.24912/jmts.v8i3.34219>
- Hartanto, D., Cahyo, Y., & Winarto, S. (2018). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Gedung Sekretariat Dewan Dprd Kabupaten Kediri. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 1*(2), 303–312. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v1i2.418>
- Jovan, M., Habiballoh, A., Alihudien, A., Priyono, P., Program, M., Teknik, S., Teknik, F., Jember, U. M., Teknik, D. F., Muhammadiyah, U., Koresponden, J., Teknik, D. F., & Jember, U. M. (2023). *Jurnal Smart Teknologi Optimasi Pada Konstruksi Slab on Pile Jalan Lingkar Luar Barat ( JLLB ) Surabaya dengan Tumpuan Interaksi Tanah Optimization of Slab on Pile Construction for West Outer Ring Road ( JLLB ) Surabaya with ground interaction pedestal Jurnal Smart Teknologi. 4*(4), 15–23.
- Mahmudi, A. (2021). Pengaruh Penurunan Pondasi Tiang Pancang Akibat Drawdown.

- Juritek*, 1(3), 9–23.
- Misdi, M. (2024). Analisa Hubungan Kepadatan Dan Sweling Pada Tanah Lempung Ekspansif. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 12(1), 53–60. <https://doi.org/10.47662/alulum.v12i1.631>
- Natalisa, A., Rahmadani, I. I., Arsitektur, P., & Susun, R. (2021). Kajian Ruang Pada Hunian Vertikal Untuk Masyarakat Berpenghasilan Rendah Dengan Pendekatan Aspek Sosial Dan Protokol Kesehatan Di Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 20(1), 23–38. <https://doi.org/10.54564/jtsa.v20i1.61>
- Nurdiani, N. (2017). Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang. *ComTech*, 4(9), 776–784.
- Retno Palupi, A., & Priyanto, B. (2023). Analisa Pengendalian Mutu Pekerjaan Struktur Pada Pembangunan Gedung Anutapura Medical Center (Amc) Rumah Sakit Anutapura Palu. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 2(5), 1466–1473. <https://doi.org/10.59188/jcs.v2i5.322>
- Ruliyansyah, A. (2015). Susunan Redaksi. *Perkebunan Dan Lahan Tropika*, 4(2). <https://doi.org/10.26418/plt.v4i2.9376>
- Sari, A. F., & Rahmawati, P. (2022). *Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Dan Bored Pile Proyek Pembangunan Gedung Fraksi Dprd Kudus*.
- Satria, R., Hatta, U. B., Mulyani, R., & Hatta, U. B. (2019). *Perencanaan struktur gedung rawat inap rumah sakit umum daerah kota bukittinggi*. 1–20.
- Sinulingga, A. (2025). Analisis Perbandingan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Spt Dan Cpt Ruko Sukses Ideal. *Prosiding Seminar Nasional PSSH (Pendidikan, Saintek, Sosial Dan Hukum)*, 4(1), 291–299.
- Suwandi, & Rahayu, T. (2014). Evaluasi Penggunaan Dinding Penahan Tanah Pada Tanah Berkohesi Rendah Terhadap Penambahan Soldier Pile. *Konstruksia*, 6(1), 103–112.
- Wahyudiono, H., Hartantyo, S. D., Lamongan, U. I., & Kadiri, U. (2017). *UNIVERSITAS KADIRI*. 1(2), 137–145.
- Wahyuni, S., Yanti, G., Zainuri, Z., & Hidayat, T. (2022). Analisis Redesain Pondasi Mini Pile Berbentuk Persegi Pada Gedung Pengadilan Negeri Pulau Punjung. *Sainstek (e-Journal)*, 10(1), 80–88. <https://doi.org/10.35583/js.v10i1.222>
- Zakaria, Z., Luthfan, &, & Jihadi, H. (2016). Peran Ilmu Dasar dalam Geoteknik. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14, 239–250.
- Zidane, M., Irbadhsyah, A., Faizah, S. N., Somantri, A. K., Kasyanto, H., & Febriansya, A. (2025). *Analisis Stabilitas Galian Dalam dengan Soldier Pile pada Perencanaan New Pendopo Tonny Soewandito Politeknik Negeri Bandung*. 1, 97–103.