

## Perbandingan Tingkat Kelayakan Penggunaan Pondasi Rakit Dengan Asumsi Kekakuan Plat *Rigid* Dan *Flexible*

### *Comparison of the Feasibility Level of Using Raft Foundations with the Assumption of Rigid and Flexible Plate Stiffness*

Nabila Melina<sup>1)</sup>, Arief Alihudien<sup>2)</sup>, Pujo Priyono<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
email: [nabilamelina1505@gmail.com](mailto:nabilamelina1505@gmail.com)

<sup>2)</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
email: [ariefalihudien@unmuhjember.ac.id](mailto:ariefalihudien@unmuhjember.ac.id)

<sup>3)</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
email: [pujopriyono@unmuhjember.ac.id](mailto:pujopriyono@unmuhjember.ac.id)

#### Abstrak

Pondasi merupakan elemen penting dalam struktur bangunan yang berfungsi menyalurkan beban ke tanah pendukung secara aman dan stabil. Pada kondisi tanah dengan daya dukung rendah, pondasi rakit menjadi alternatif efektif karena kemampuannya mendistribusikan beban secara merata. Berdasarkan data hasil pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) yang menunjukkan adanya variasi sifat tanah, diperlukan analisis kelayakan yang tepat. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah serta melakukan perbandingan tingkat kelayakan pondasi rakit berdasarkan asumsi kekakuan pelat pondasi secara *rigid* dan *flexible*. Hasil menunjukkan beban total ( $Q_{total}$ ) pada *rigid* sebesar 1082,03 t/m dan *flexible* 1052,19 t/m. Tekanan dasar pondasi ( $q_0$ ) masing-masing sebesar 1,65 t/m<sup>2</sup> dan 1,61 t/m<sup>2</sup>. Daya dukung ultimit ( $q_u$ ) dan ijin ( $q_{izin}$ ) untuk *rigid* sebesar 4,65 t/m<sup>2</sup> dan 1,66 t/m<sup>2</sup>, sedangkan *flexible* sebesar 4,60 t/m<sup>2</sup> dan 1,64 t/m<sup>2</sup>. Nilai penurunan elastis ( $S_e$ ) pada keduanya sama, yaitu 0,05 m. Distribusi tegangan pada *rigid* lebih merata, tetapi asumsi *flexible* lebih direkomendasikan karena lebih efektif dalam mengontrol penurunan dan tetap memenuhi syarat teknis. Penggunaan *tie beam* pada asumsi *flexible* juga terbukti meningkatkan kestabilan dan kekakuan sistem pondasi secara keseluruhan.

**Kata Kunci :** Asumsi *Rigid*; Asumsi *Flexible*; Daya Dukung; Pondasi Rakit

#### Abstract

Foundation is a crucial element in building structures, functioning to safely and stably transfer loads to the supporting soil. In areas with low bearing capacity, raft foundations serve as an effective alternative due to their ability to distribute loads evenly. Based on *Cone Penetration Test* (CPT) data indicating varying soil properties, a proper feasibility analysis is required. This final project aims to determine soil bearing capacity and compare the feasibility of raft foundations under rigid and flexible slab stiffness assumptions. The results show that the total load ( $Q_{total}$ ) for the rigid assumption is 1082.03 t/m, and for the flexible one is 1052.19 t/m. The base pressure ( $q_0$ ) is 1.65 t/m<sup>2</sup> for rigid and 1.61 t/m<sup>2</sup> for flexible. Ultimate and allowable bearing capacities ( $q_u$  and  $q_{izin}$ ) for rigid are 4.65 t/m<sup>2</sup> and 1.66 t/m<sup>2</sup>, while for flexible they are 4.60 t/m<sup>2</sup> and 1.64 t/m<sup>2</sup>. Both assumptions result in the same elastic settlement ( $S_e$ ) of 0.05 m. While the rigid assumption provides more uniform stress distribution, the flexible assumption is more recommended due to its effectiveness in controlling settlement while meeting technical standards. The use of tie beams in the flexible assumption also improves the overall stability and stiffness of the foundation system.

**Keywords:** Rigid Assumption; Flexible Assumption; Bearing Capacity; Raft Foundation

## 1. PENDAHULUAN

Perencanaan pondasi yang tepat diperlukan untuk membangun bangunan yang kokoh, kuat, dan berfungsi dengan baik. Pondasi memiliki peran penting karena harus mampu menahan dan mendistribusikan beban bangunan secara merata ke tanah di bawahnya (Muchti et al., 2024). Untuk kondisi lahan dengan daya dukung rendah, salah satu pondasi yang umum dipergunakan adalah pondasi rakit (*raft foundation*). Proyek pembangunan ruang kelas baru di Yayasan At-Taqwa Bondowoso menjadi salah satu contoh penerapan pondasi rakit. Dalam proyek ini, pemilihan pondasi rakit didasarkan pada beberapa pertimbangan teknis, seperti karakteristik tanah di lokasi, rencana ketinggian dan beban bangunan, serta efektivitas biaya. Pembangunan ruang kelas baru di Yayasan At-Taqwa ini memerlukan bangunan yang kokoh dan tahan terhadap perubahan geoteknik di wilayah sekitarnya, mengingat Bondowoso dikenal memiliki kondisi tanah bervariasi yang membutuhkan penanganan khusus dalam desain pondasi.

Di wilayah Kabupaten Bondowoso, tepatnya di area pembangunan ruang kelas baru milik Yayasan At-Taqwa Bondowoso, telah dilakukan penyelidikan tanah sebagai langkah awal perencanaan struktur bangunan yang aman dan sesuai kondisi eksisting. Penyelidikan ini dilakukan melalui metode pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) sebanyak 4 titik pengujian yang tersebar di area pembangunan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh data karakteristik tanah secara vertikal dan mendalam, sehingga dapat memberikan gambaran tanah lapangan yang lebih akurat. Metode *Cone Penetration Test* (CPT) ini didasarkan pada analisis grafik korelasi antara nilai perlawanan konus ( $Q_c$ ) dan *Friction Ratio* ( $R_f$ ), tujuan dari metode ini adalah untuk menentukan jenis tanah dan konsistensinya pada kedalaman yang berbeda. Pada studi ini, perbandingan tingkat kelayakan dengan asumsi kekakuan plat pondasi secara *rigid* dan *flexible* untuk penggunaan pondasi rakit akan diterapkan pada proyek pembangunan ruang kelas Yayasan At-Taqwa di Bondowoso. Diharapkan perencanaan pondasi dapat menghasilkan desain yang aman,

efektif, dan efisien dari segi teknis maupun ekonomi dalam mendukung bangunan yang akan digunakan sebagai sarana pendidikan. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- 1) Berapa nilai daya dukung tanah yang dihasilkan dari penerapan asumsi kekakuan plat pondasi secara *rigid* dan *flexible*?
- 2) Bagaimana perbandingan tingkat kelayakan penggunaan pondasi rakit dari penerapan asumsi kekakuan plat pondasi secara *rigid* dan *flexible*?

Dari rumusan masalah tersebut penelitian ini memiliki beberapa tujuan, diantaranya :

- 1) Mengetahui nilai daya dukung tanah yang dihasilkan dari penerapan asumsi kekakuan plat pondasi secara *rigid* dan *flexible*.
- 2) Mengetahui perbandingan tingkat kelayakan penggunaan pondasi rakit dari penerapan asumsi kekakuan plat pondasi secara *rigid* dan *flexible*.

Selain itu, terdapat beberapa batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya :

- 1) Penelitian hanya mencakup perbandingan tingkat kelayakan pondasi rakit dengan asumsi kekakuan plat pondasi *rigid* dan *flexible* tanpa memperhitungkan penulangan pondasi rakit.
- 2) Penelitian hanya memperhitungkan daya dukung serta penurunan dari pondasi rakit baik dari asumsi kekakuan plat pondasi *rigid* dan *flexible*.
- 3) Analisis tanah didasarkan pada data hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT) di Lokasi proyek.
- 4) Batasan perhitungan penulangan plat pondasi difokuskan pada asumsi kekakuan *rigid* dan asumsi *fleksibel*. Asumsi kekakuan untuk *rigid*  $< 0,5$  dan *flexible* di asumsikan  $> 0,5$  serta tidak mencakup perhitungan metode lainnya dalam desain struktur penulangan.
- 5) Tidak membahas tentang metode pelaksanaan, analisis biaya, dan manajemen konstruksi.
- 6) Peraturan dan pedoman yang digunakan dalam analisa sebagai berikut :

- a. SNI 1727 : 2020 tentang “Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain”, digunakan untuk perhitungan pembebanan
  - b. SNI 1726 : 2019 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung”
  - c. SNI 8460 : 2017 tentang “Persyaratan Perencanaan Geoteknik”, untuk perencanaan pondasi
  - d. SKBI-1.3.5.3-1987 tentang “Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung”
- 7) Perhitungan analisa struktur menggunakan alat bantu *Software* SAP2000

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pondasi Rakit

Pondasi rakit (*raft foundation*) merupakan salah satu jenis pondasi dangkal yang berbentuk pelat beton besar dan mencakup sebagian besar atau seluruh area dasar bangunan. Tujuan utamanya adalah menyebarkan beban dari seluruh struktur bangunan secara merata ke tanah di bawahnya (Nabila et al., 2024). Tipe fondasi ini umumnya diterapkan pada tanah yang memiliki kemampuan dukung rendah atau pada struktur bangunan yang mempunyai daya dukung minim memiliki kolom berjarak rapat dan menahan beban besar, seperti gedung bertingkat, pusat perbelanjaan, maupun fasilitas Pendidikan. Pondasi rakit (*raft foundation*) sangat cocok digunakan pada bangunan yang didirikan di atas tanah lunak atau kurang stabil, karena mampu menyebarkan beban bangunan secara merata ke area tanah yang lebih luas. Hal ini membantu mengurangi tekanan tanah dan mencegah terjadinya penurunan tidak merata yang dapat berpotensi menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan

### B. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah merupakan kapasitas tanah dalam menahan beban dari struktur di atasnya tanpa menyebabkan kegagalan lapisan tanah di bawah pondasi ataupun terjadinya penurunan yang tidak merata (Waliyudiin & Pramusandi, 2023). Sangat penting untuk memastikan bahwa struktur tetap stabil,

terutama bangunan bertingkat atau yang menahan beban yang besar. Prinsip dasar dalam menghitung daya dukung tanah adalah memastikan bahwa tekanan yang diterapkan pondasi pada tanah tidak melebihi kemampuan tanah untuk menahan beban tersebut. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Karl Terzaghi pada tahun 1943 dan terus dikembangkan dengan berbagai metode dan pendekatan perhitungan. Karl Terzaghi adalah pelopor dalam pengembangan metode perhitungan daya dukung tanah, yang dikenal sebagai metode Terzaghi. Metode ini menggunakan berat jenis tanah, kedalaman, lebar, dan sudut geser dalam tanah untuk menghitung daya dukung tanah ultimit. Metode perhitungan daya dukung tanah yang diciptakan oleh Karl Terzaghi pada tahun 1943 merupakan dasar dari analisis daya dukung pondasi dangkal.

### C. Asumsi Kekakuan Plat Pondasi

Pemilihan asumsi kekakuan pelat pada pondasi rakit sangat berpengaruh terhadap distribusi beban dan respons struktur. Terdapat dua pendekatan umum, yaitu plat kaku (*rigid*) dan plat lentur (*flexible*). Asumsi *rigid* digunakan saat pelat cukup kaku sehingga deformasi dapat diabaikan dan beban terdistribusi merata, cocok untuk pelat tebal di atas tanah homogen (Sugianto, 2018). Sebaliknya, asumsi *flexible* digunakan ketika kondisi pelat pondasi atau karakteristik tanah tidak bersifat homogen, misalnya pada tanah yang memiliki variasi kekakuan atau daya dukung di setiap titik. Dalam kondisi ini, pelat pondasi akan mengalami lenturan atau deformasi sesuai dengan perubahan karakteristik tanah di bawahnya. Perhitungan asumsi kekakuan plat pondasi dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Kr = \frac{E'Ib}{Es B^3} \quad (1)$$

Dengan :

E' = Modulus elastisitas bahan yang digunakan dalam struktur

E = Modulus elastisitas tanah

B = Lebar

I = Momen inersia struktur per satuan panjang tegak lurus terhadap B

E'Ib dapat diperjelas dengan rumus :

$$E'I_b = E' (I_f + \Sigma I'b + \Sigma \frac{ah^3}{12}) \quad (2)$$

Dengan :

$E'I$  = Kekakuan lentur bangunan atas dan pondasi per satuan panjang tegak lurus terhadap B

$\Sigma E'I$  = Kekakuan lentur anggota rangka tegak lurus terhadap B

$\Sigma \frac{ah^3}{12}$  = Kekakuan lentur dinding geser

a = tebal dinding geser

h = tinggi dinding geser

$E'IF$  = Fleksibilitas pondasi

Berdasarkan nilai  $K_r$ , dapat diasumsikan :

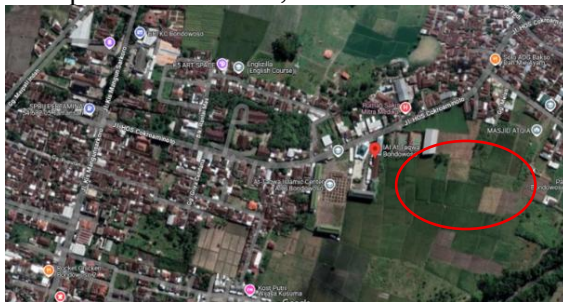
Jika  $K_r > 0,5$  = *Rigid plate*

Jika  $K_r < 0,5$  = *Flexible plate*

### 3. METODOLOGI

#### A. Lokasi Penelitian

Yayasan At-Taqwa Bondowoso berada di Jalan Hos Cokroaminoto, Kademangan, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur 60253.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian  
(Sumber : Google Maps, 2025)

#### B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data sangat penting dalam proses studi yang dilakukan, semakin lengkap data yang diperoleh, maka semakin akurat dari output yang diberikan. Pengumpulan data harus dapat mewakili dan menggambarkan keadaan kondisi lapangan yang sesungguhnya. Data pendukung berikut diperlukan untuk melakukan analisis perencanaan selama studi :

1. Data teknis struktur (Data gambar)
2. Data tanah Uji CPT (*Cone Penetration Test*)

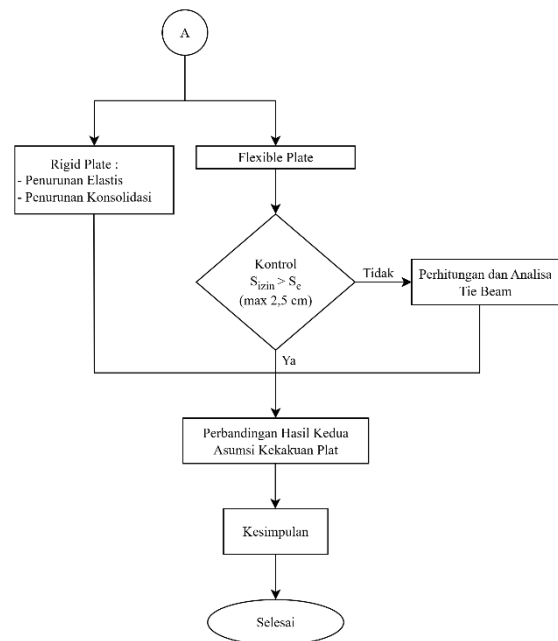
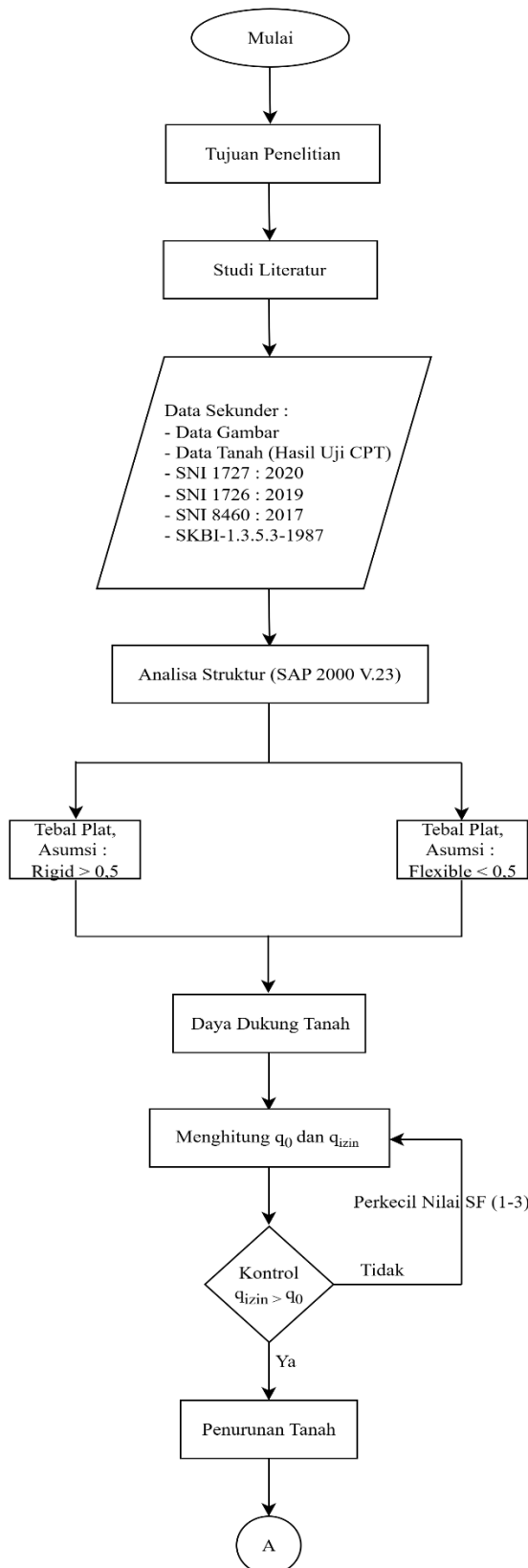
#### C. Metode Analisa dan Pengolahan Data

Metode yang digunakan untuk menganalisis dan mengolah data digunakan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi tingkat

kelayakan penggunaan pondasi rakit menggunakan asumsi dua kekakuan plat, yaitu asumsi *rigid* dan asumsi *flexible*, berdasarkan data tanah dan struktur bangunan yang ada. Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan data hasil pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) di lapangan sebanyak 4 titik pengujian yang mewakili kondisi tanah lokasi pembangunan.
2. Analisis data dari hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT) digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah serta menentukan nilai perlawanan konus ( $Q_c$ ) dan rasio geser ( $R_f$ ). Nilai-nilai ini selanjutnya dikorelasikan melalui tabel empiris untuk memperoleh parameter tanah seperti kohesi ( $c$ ), sudut geser dalam ( $\phi$ ), dan modulus elastisitas ( $E_s$ ).
3. Menganalisis struktur bangunan menggunakan *software* SAP200 untuk mengetahui distribusi beban vertikal dari struktur atas ke pondasi, gaya-gaya reaksi per kolom (beban aksial) yang akan digunakan sebagai input dalam perencanaan pondasi rakit, gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur.
4. Perhitungan kekakuan plat pondasi dengan asumsi kekakuan untuk *rigid plate*  $< 0,5$  dan *flexible plate* di asumsikan  $> 0,5$ .
5. Perhitungan daya dukung tanah yang terdiri dari tekanan dasar pondasi ( $q_0$ ), daya dukung ultimit ( $q_u$ ), daya dukung ijin ( $q_{izin}$ ), tegangan dasar pondasi maksimal dan minimum ( $\sigma_{max}$  dan  $\sigma_{min}$ ), penurunan elastisitas tanah ( $S_e$ ), penurunan konsolidasi ( $S_c$ ), dan penurunan total.
6. Melakukan perhitungan dan analisis momen untuk menentukan dimensi, kebutuhan, dan penulangan balok tie beam. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan gaya-gaya internal, terutama momen lentur yang berpengaruh pada balok tie beam dalam sistem penguatan fondasi rakit. Element balok pengikat, tie beam, menghubungkan kolom dan pondasi untuk meningkatkan kekakuan sistem dan mengurangi risiko deformasi atau perbedaan antar titik pondasi.

#### D. Diagram Alur Penelitian

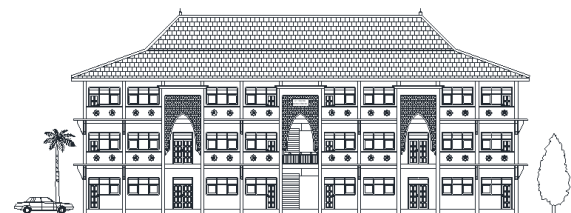


#### 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

##### A. Data Umum

Gedung ruang kelas baru pada Yayasan At-Taqwa Bondowoso di Jalan Hos Cokroaminoto, Kademangan, Kecamatan Bondowoso, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur, memiliki ruang kelas baru dengan luas 654,5 m<sup>2</sup>. Data bangunan sebagai berikut :

- |                     |              |
|---------------------|--------------|
| 1. Jumlah Lantai    | = 3 Lantai   |
| 2. Mutu Beton (f'c) | = 30 Mpa     |
| 3. Mutu Baja (f'y)  | = 240 Mpa    |
| 4. Lebar Bangunan   | = 17 m       |
| 5. Tinggi Bangunan  | = 12 m       |
| 6. Uk. Kolom 1      | = 40 x 30 cm |
| 7. Uk. Kolom 2      | = 30 x 30 cm |
| 8. Uk. Balok 1      | = 25 x 60 cm |
| 9. Uk. Balok 2      | = 25 x 40 cm |
| 10. Uk. Ring Balok  | = 15 x 30 cm |



**Gambar 2.** Tampak depan gedung ruang kelas baru Yayasan At-Taqwa Bondowoso  
(Sumber : Shop Drawing, 2025)



Penyidikan tanah yang dilakukan adalah pengujian sondir, dalam konteks penelitian ini pengujian sondir dilakukan secara langsung di lapangan pada tanggal 9 Oktober 2024 sebanyak 4 titik pengujian, guna mengetahui kondisi lapisan tanah secara menyeluruh. Data hasil pengujian sondir ini menjadi landasan penting dalam proses perencanaan struktur pondasi rakit (*raft foundation*), khususnya dalam menentukan kedalaman efektif pondasi, mengevaluasi kestabilan tanah terhadap beban struktur, dan membandingkan respon tanah terhadap asumsi perhitungan menggunakan asumsi *Rigid* dan *Flexible* (Badan Standarisasi Nasional, 2017). Berikut hasil uji sondir dijelaskan pada tabel dibawah.

**Tabel 1.** Hasil pengujian sondir

| Pengujian | Qc (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Rf (%) |
|-----------|--------------------------|--------|
| Titik 1   | 45,19                    | 8,29   |
| Titik 2   | 38,94                    | 15,26  |
| Titik 3   | 40,76                    | 5,15   |
| Titik 4   | 42,92                    | 18,62  |
| Rata rata | 41,95                    | 11,83  |

*Sumber : Hasil pengujian cone penetration test (CPT) di lapangan, 2025*

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk hasil rata rata nilai perlawanan konus (qc) sebesar 41,95 Kpa serta nilai angka banding geser (Rf) sebesar 11,83 % dalam hal ini jenis tanah dari lokasi yang akan dibangun memiliki jenis tanah lempung.

Pembebanan atap merupakan tahapan penting dalam proses perencanaan struktur bangunan, yang bertujuan untuk menghitung dan menganalisis seluruh jenis beban yang bekerja pada elemen atap agar struktur mampu menahan gaya-gaya tersebut secara aman dan efisien. Beban yang diterima oleh atap umumnya terbagi dalam beberapa jenis, salah satunya adalah beban mati, yaitu beban tetap yang berasal dari berat material penyusun struktur atap itu sendiri. Komponen tersebut meliputi rangka atap (baik dari kayu, baja ringan, maupun baja profil), penutup atap seperti genteng beton, genteng keramik, seng, atau spandek, serta elemen pelengkap lainnya seperti plafon, material isolasi panas dan suara, dan instalasi tetap lainnya (Badan Standar

Nasional Indonesia, 2020). Pembebanan pada struktur kuda-kuda, parameter :

Jarak antar kuda-kuda = 1 m  
Berat genteng metal = 2,5 kg/m<sup>2</sup>  
Berat reng baja ringan = 1,96 kg/m<sup>2</sup>  
Panjang reng baja ringan = 6 m  
Jarak antar reng baja = 0,385 m

#### Kalkulasi beban :

Berat genteng metal = 2,5 x 1  
= 2,5 kg/m<sup>2</sup>  
Berat reng baja ringan = (1,96 / 6) x (1/0,385)  
= 0,85 kg/m<sup>2</sup> +  
Total = 3,35 kg/m<sup>2</sup>  
Asumsi (10%) = 3,35 x 0,01  
= 0,335  
Total Keseluruhan = 3,35 + 0,335 kg/m<sup>2</sup>  
= 3,68 kg/m<sup>2</sup>

#### B. Pembebanan Struktur

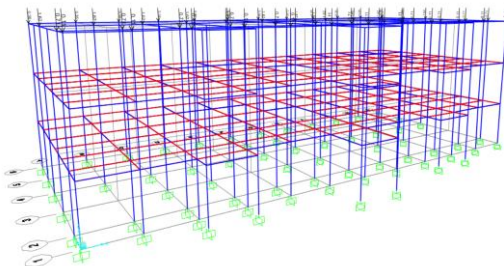
Pembebanan struktur menjadi salah satu aspek utama yang mempengaruhi hasil perhitungan gaya, tegangan, dan distribusi tekanan tanah. Penerapan dilakukan dengan hati-hati dengan mempertimbangkan peraturan standar yang berlaku di Indonesia (Rendi et al., 2021). Beban tetap, beban bergerak, beban akibat getaran bumi, serta beban ekstra yang berhubungan dengan kondisi di lokasi adalah tipe beban yang diterapkan pada struktur dalam penelitian ini.

a) Beban mati mencakup berat pelat lantai, balok, kolom, dinding, dan lapisan akhir seperti ubin dan plester. Besaran beban tetap ditentukan berdasarkan ukuran dan jenis material yang dipilih untuk bangunan ruang kelas baru Yayasan At-Taqwa Bondowoso.

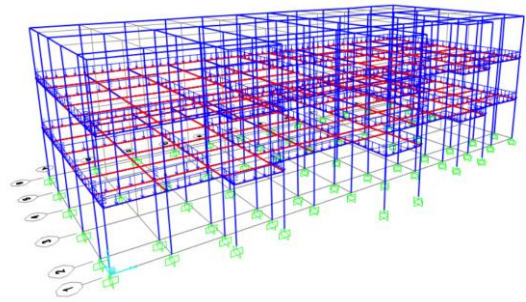
##### 1. Berat masing masing lantai

Beban hidup atap = 100 kg/m<sup>2</sup>  
Beban hidup lantai = 250 kg/m<sup>2</sup>  
Beban hidup tangga = 300 kg/m<sup>2</sup>  
Beban tembok ½ bata = 250 kg/m<sup>2</sup>  
Beban kaca = 10 kg/m<sup>2</sup>  
Tebal pelat atap = 0,10 m  
Tebal pelat lantai = 0,12 m  
Berat plafond + rangka = 20 kg/m<sup>2</sup>  
Koefisien reduksi = 0,9  
Panjang bangunan = 38,5 m  
Lebar bangunan = 17 m  
Ukuran balok 1, b = 0,25 m  
h = 0,60 m

|                        |   |                |
|------------------------|---|----------------|
| Ukuran balok 2,        | b | = 0,25 m       |
|                        | h | = 0,40 m       |
| Ukuran kolom 1,        | b | = 0,30 m       |
|                        | h | = 0,40 m       |
| Ukuran kolom 1,        | b | = 0,30 m       |
|                        | h | = 0,30 m       |
| 2. Lantai 3            |   |                |
| Atap genteng           |   | = 101305,62 kg |
| Gording C 150          |   | = 269,28 kg    |
| Balok ring             |   | = 40846 kg     |
| Kolom 30x40            |   | = 55296 kg     |
| Kolom 30x30            |   | = 15552 kg     |
| Balok arah y           |   | = 58752 kg     |
| Balok arah x           |   | = 45276 kg     |
| Tembok ½ bata          |   | = 2225300 kg   |
| Plafond                |   | = 13090 kg     |
| Beban hidup            |   | = 32725 kg     |
| Beban total            |   | = 2588410,5 kg |
|                        |   | = 25884, 11 kN |
| 3. Lantai 2            |   |                |
| Kolom 30x40            |   | = 55296 kg     |
| Kolom 30x30            |   | = 15552 kg     |
| Balok 25x60            |   | = 58752 kg     |
| Balok 25x40            |   | = 45276 kg     |
| Tembok ½ bata          |   | = 2225300 kg   |
| Plafond                |   | = 13090 kg     |
| Beban hidup            |   | = 32725 kg     |
| Beban total            |   | = 2445991 kg   |
|                        |   | = 24459,91 kN  |
| 4. Lantai 1            |   |                |
| Kolom 30x40            |   | = 55296 kg     |
| Kolom 30x30            |   | = 15552 kg     |
| Balok 25x60            |   | = 58752 kg     |
| Balok 25x40            |   | = 45276 kg     |
| Tembok ½ bata          |   | = 2225300 kg   |
| Plafond                |   | = 13090 kg     |
| Beban hidup            |   | = 32725 kg     |
| Beban total            |   | = 2445991 kg   |
|                        |   | = 24459,91 kN  |
| Beban total lantai 1-3 |   | = 74803, 93 kN |



**Gambar 3.** Beban mati pada struktur atas  
(Sumber : SAP 2000, 2025)



**Gambar 4.** Beban mati tambahan (*Super Dead*) pada balok  
(Sumber : SAP 2000, 2025)

- b) Penentuan beban hidup mengacu pada fungsi bangunan sebagai ruang kelas, dengan nilai 250 kg/m<sup>2</sup> sesuai ketentuan minimum yang tercantum dalam SNI 1727:2020 untuk perancangan struktur bangunan. Beban ini mencakup berat orang, perabotan, serta aktivitas umum yang terjadi di dalam ruang kelas. Beban hidup dianggap merata dan bekerja secara vertikal ke bawah pada seluruh permukaan lantai.
- c) Beban gempa ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019, dengan mempertimbangkan zona seismik Kabupaten Bondowoso, kondisi jenis tanah di lokasi, serta sistem struktur yang digunakan. Gaya gempa dihitung menggunakan metode statik ekuivalen, kemudian didistribusikan ke elemen struktur atas dan diteruskan ke pondasi rakit.

### C. Daya Dukung Dan Penurunan *Rigid Plate*

Diketahui hasil analisis dilapangan dan analisis struktur gedung.

#### 1. Data Tanah

- Kedalaman pondasi (Df) = 1m
- Kedalaman tanah pondasi (Hc)=1,5m
- Kohesi (c) = 0,3 t/m<sup>2</sup>
- Sudut geser (Ø) = 23,5°
- Angka pori (e) = 1,4
- Berat volume tanah (y) = 1,7 t/m<sup>3</sup>
- Berat volume tanah jenuh (y<sub>sat</sub>)= 1,8 t/m<sup>3</sup>
- Berat volume air (y<sub>w</sub>) = 1,01 t/m<sup>3</sup>
- Berat jenis beton (y<sub>b</sub>) = 2,4 t/m<sup>3</sup>
- Rasio poisson tanah (μ) = 0,3
- Kohesi undrained (Cu) = 0,4 t/m<sup>3</sup>
- Comperession indeks (Cc) = 0,25

- Mutu Beton ( $f'c$ ) = 25 Mpa
- Jenis tanah = Clay
- 2. Perhitungan asumsi ketebalan plat
 
$$K_r = \frac{E' I_b}{\frac{E_s \times B^3}{25743 \times 0,000144}} \quad (3)$$

$$= \frac{4,4 \times 1}{4,4 \times 1}$$

$$= 0,842$$

$$= 0,842 > 0,5$$
- 3. Dimensi pondasi
  - Lebar pondasi arah x = 38,5 m
  - Lebar pondasi arah y = 17 m
- 4. Tebal plat pondasi = 0,12 m
- 5. Dimensi kolom (30x40)
  - Lebar kolom arah x = 0,3 m
  - Lebar kolom arah y = 0,4 m
- 6. Dimensi kolom (30x30)
  - Lebar kolom arah x = 0,3 m
  - Lebar kolom arah y = 0,3 m
- 7. Beban rencana pondasi
  - V = 807,20 t
  - Mx = 45,45 t-m
  - My = 40,89 t-m
- 8. Beban plat = 188,50 t/m<sup>3</sup>
- 9. Total beban keseluruhan = 1082,03 t/m<sup>3</sup>
- 10. Luas penampang pondasi = 654,5 m<sup>2</sup>
- 11. Inersia sumbu x = 15763 m<sup>4</sup>
- 12. Inersia sumbu y = 80844 m<sup>4</sup>
- 13. Nilai sumbu x = 1,42 m
- 14. Nilai sumbu y = 3,21 m
- 15. Nilai  $\bar{x}$  = 0,35 m
- 16. Nilai Ex = -8,2 m
- 17. Momen x = -0,88 t/m
- 18. Nilai  $\bar{y}$  = 0,34 m
- 19. Nilai Ey = -18,9 m
- 20. Momen y = -2,05 t/m
- 21. Nilai  $q_0$  = 1,65 t/m<sup>2</sup>
- 22. Nilai q = 4,65 t/m<sup>2</sup>
- 23. Nilai  $q_{izin}$  = 1,66 t/m<sup>2</sup>
- 24. Perbandingan
  - =  $q_{izin} > q_0$
  - = 1,66 > 1,65
  - = OK
- 25. Nilai  $q_{nett(u)}$  = 2,99 t/m<sup>2</sup>
- 26.  $q_{nett(all)}$  = 1,07 t/m<sup>2</sup>
- 27.  $\sigma$  = 1,24 t/m<sup>2</sup>
- 28.  $\sigma_{max}$  = 1,66 t/m<sup>2</sup>
- 29.  $\sigma_{min}$  = 1,65 t/m<sup>2</sup>
- 30.  $S_e$  = 0,05 m
- 31.  $S_c$  = 0,35 m
- 32.  $S_{total}$  = 0,41 m

#### D. Daya Dukung Dan Penurunan *Flexible Plate*

Diketahui hasil analisis dilapangan dan analisis struktur gedung.

1. Data Tanah
  - Kedalaman pondasi ( $D_f$ ) = 1m
  - Kedalaman tanah pondasi ( $H_c$ ) = 1,5m
  - Kohesi (c) = 0,3 t/m<sup>2</sup>
  - Sudut geser ( $\phi$ ) = 23,5°
  - Angka pori (e) = 1,4
  - Berat volume tanah (y) = 1,7 t/m<sup>3</sup>
  - Berat volume tanah jenuh ( $y_{sat}$ ) = 1,8 t/m<sup>3</sup>
  - Berat volume air ( $y_w$ ) = 1,01 t/m<sup>3</sup>
  - Berat jenis beton ( $y_b$ ) = 2,4 t/m<sup>3</sup>
  - Rasio poisson tanah ( $\mu$ ) = 0,3
  - Kohesi undrained ( $C_u$ ) = 0,4 t/m<sup>3</sup>
  - Comperession indeks ( $C_c$ ) = 0,25
  - Mutu Beton ( $f'c$ ) = 25 Mpa
  - Jenis tanah = Clay
2. Perhitungan asumsi ketebalan plat
 
$$K_r = \frac{E' I_b}{\frac{E_s \times B^3}{25743 \times 0,000144}} \quad (3)$$

$$= \frac{4,4 \times 1}{4,4 \times 1}$$

$$= 0,5$$

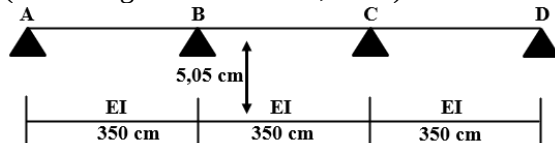
$$= 0,5 > 0,5$$
3. Dimensi pondasi
  - Lebar pondasi arah x = 38,5 m
  - Lebar pondasi arah y = 17 m
4. Tebal plat pondasi = 0,10 m
5. Dimensi kolom (30x40)
  - Lebar kolom arah x = 0,3 m
  - Lebar kolom arah y = 0,4 m
6. Dimensi kolom (30x30)
  - Lebar kolom arah x = 0,3 m
  - Lebar kolom arah y = 0,3 m
7. Beban rencana pondasi
  - V = 807,20 t
  - Mx = 45,45 t-m
  - My = 40,89 t-m
8. Beban plat = 158,50 t/m<sup>3</sup>
9. Total beban keseluruhan = 1052,19 t/m<sup>3</sup>
10. Luas penampang pondasi = 654,5 m<sup>2</sup>
11. Inersia sumbu x = 15763 m<sup>4</sup>
12. Inersia sumbu y = 80844 m<sup>4</sup>
13. Nilai sumbu x = 1,42 m
14. Nilai sumbu y = 3,21 m
15. Nilai  $\bar{x}$  = 0,36 m
16. Nilai Ex = -8,1 m
17. Momen x = -0,86 t/m



|                         |                                             |
|-------------------------|---------------------------------------------|
| 18. Nilai $\bar{y}$     | = 0,35 m                                    |
| 19. Nilai $E_y$         | = -18,9 m                                   |
| 20. Momen $y$           | = -1,99 t/m                                 |
| 21. Nilai $q_0$         | = 1,61 t/m <sup>2</sup>                     |
| 22. Nilai $q$           | = 4,60 t/m <sup>2</sup>                     |
| 23. Nilai $q_{izin}$    | = 1,64 t/m <sup>2</sup>                     |
| 24. Perbandingan        | = $q_{izin} > q_0$<br>= 1,64 > 1,60<br>= OK |
| 25. Nilai $q_{nett(u)}$ | = 3,00 t/m <sup>2</sup>                     |
| 26. $q_{nett(all)}$     | = 1,07 t/m <sup>2</sup>                     |
| 27. $\sigma$            | = 1,24 t/m <sup>2</sup>                     |
| 28. $\sigma_{max}$      | = 1,66 t/m <sup>2</sup>                     |
| 29. $\sigma_{min}$      | = 1,60 t/m <sup>2</sup>                     |
| 30. $S_e$               | = 0,05 m                                    |
| 31. $S_c$               | = 0,35 m                                    |
| 32. $S_{total}$         | = 0,40 m                                    |

#### E. Analisa dan Perhitungan Penulangan Balok Tie Beam

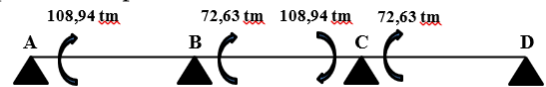
Dalam perencanaan pondasi rakit menggunakan asumsi *flexible*, perhitungan momen pada balok *tie beam* dilakukan untuk mengetahui besar gaya lentur yang timbul akibat beban struktur atas yang diteruskan melalui pelat pondasi ke tanah dasar. Karena pada asumsi ini pelat dianggap bersifat cukup *flexible*, maka distribusi beban tidak terjadi secara merata dan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara pelat dan tanah. Oleh sebab itu, balok *tie beam* memiliki fungsi penting sebagai elemen pengikat antar kolom serta sebagai peredam gaya lateral dan momen akibat terjadinya perbedaan penurunan tanah (Retnaningrum & Aditama, 2020).



**Gambar 5.** Ilustrasi asumsi kekakuan *flexible*  
(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025)

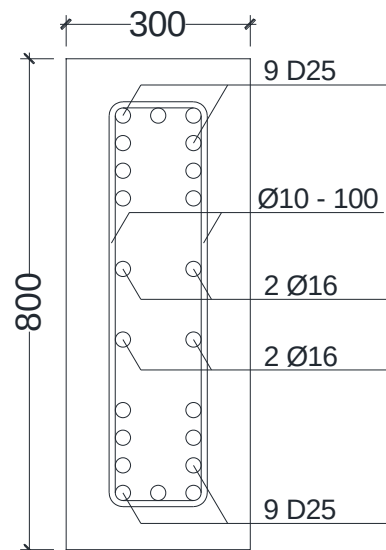
Pada sistem pondasi rakit dengan asumsi plat *flexible*, *tie beam* berperan penting sebagai elemen pengikat antar kolom yang membantu menyalurkan beban secara merata serta menahan gaya lateral seperti gempa dan angin. Karena elat dianggap lentur (kekakuan relatif < 0,5), maka interaksi antara pelat dan tanah menjadi dominan, menyebabkan distribusi gaya

pada *tie beam* tidak seragam. Oleh sebab itu, *tie beam* harus dirancang berdasarkan momen lentur maksimum yang terjadi, dengan perhitungan penulangan tarik ( $A_s$ ) mengacu pada nilai momen ultimit ( $M_u$ ). Desain ini menggunakan mutu beton  $f'_c = 25$  MPa dan baja tulangan  $f_y = 400$  MPa sesuai standar SNI. Secara keseluruhan, desain *tie beam* harus mampu menjamin kekuatan lentur, kestabilan struktur bawah, dan respon yang baik terhadap perbedaan penurunan tanah.



**Gambar 6.** Hasil perhitungan momen *tie beam* berdasarkan metode *slope deflection*  
(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025)

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| $M_u$                | = 108,95 tm |
| $f'_c$               | = 25 Mpa    |
| $f_y$                | = 400 Mpa   |
| $b$                  | = 300 mm    |
| $h$                  | = 800 mm    |
| Selimit beton        | = 7 cm      |
| $\emptyset$ Sengkang | = 10 mm     |



**Gambar 7.** Potongan *tie beam*  
(Sumber : Hasil pemodelan autocad, 2025)

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Hasil dari analisis dan perhitungan dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan hasil perhitungan, asumsi *rigid* dan *flexible* keduanya dinyatakan aman digunakan sebagai pondasi rakit. Asumsi *rigid* menunjukkan beban total dan tekanan dasar pondasi yang sedikit lebih tinggi, serta distribusi tegangan yang lebih merata, menandakan kestabilan beban yang baik. Nilai daya dukung ultimit dan daya dukung ijin pada kedua asumsi masih berada di atas tekanan kerja pondasi, yang menandakan keamanan struktur terhadap daya dukung tanah.
2. Asumsi *flexible* lebih direkomendasikan untuk digunakan karena mampu mengendalikan penurunan tanah dengan baik dan memenuhi standar teknis. Meskipun pelat pada asumsi *flexible* lebih lentur, penggunaan balok *tie beam* membuatnya tetap stabil dan aman secara struktural.

## B. Saran

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, berikut adalah beberapa rekomendasi atau saran yang dapat disampaikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya :

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menghitung penulangan pada pondasi rakit agar dapat mengetahui ukuran momen serta kebutuhan tulangan agar hasil lebih akurat.
2. Untuk memperkuat studi kelayakan, disarankan agar pada penelitian selanjutnya dilakukan analisis biaya pada masing-masing asumsi. Sehingga dapat dibandingkan efisiensi biaya antara asumsi rigid dan flexible, terutama terkait volume material, kebutuhan tenaga kerja, serta durasi pelaksanaan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Cahyani, T., Amalia, R., Munawir, A. A., & Wisnumurti, W. (2014). Studi Perbandingan Pondasi Rakit Dengan Pondasi Tiang Strauss Pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Bersama Universitas Brawijaya. Disertasi. Universitas Brawijaya.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2020). Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. SNI 1727:2020. 8:1–336. <https://rekayasastruktur.com/wp-content/uploads/2024/09/SNI-1727-2020-Beban-desain-minimum-dan-kriteria-terkait-untuk-bangunan-gedung-dan-struktur-lain.pdf>
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Badan Standardisasi Nasional Indonesia Persyaratan Perancangan Geoteknik. SNI 8460:2017. 191. <https://rekayasastruktur.com/sni-8460-2017/>
- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*. Edisi 4. Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga. Jakarta.
- Dewantara Putra, S., Priyono, P., & Alihudien, A. (2022). Studi Perencanaan Struktur Pondasi Tiang Pancang Tahan Gempa Pada Gedung Sekolah Sdn Kapasari 1 Surabaya. Tesis. Universitas Muhammadiyah Jember.
- Mentang, O. S., Balamba, S., Sompie, O. B. A., dan Sarajar, A. N. (2013). Analisis Penurunan Pada Pondasi Rakit Jenis Pelat Rata Dengan Metode Konvensional. *Jurnal Sipil Statik*. 1(11):718–729.
- Murbaintoro, T., Ma'arif, M. S., Sutjahjo, S. H., & Saleh, I. (2009). Model Pengembangan Hunian Vertikal Menuju Pembangunan Perumahan Berkelanjutan. *Jurnal Permukiman*. 4(2):72
- Nabila, D. A. (2024). *Studi Perencanaan Tahan Gempa Pondasi Rakit Pada Gedung Perpustakaan Di Akademik Teknik Penerbangan Medan*. Tesis. Universitas Muhammadiyah Jember.
- Nur, O. F. (2009). Kajian Eksperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal Berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 5(2):39–52.
- Retnaningrum, D. A., & Aditama, D. V. (2020). Studi Alternatif Desain Pondasi Rakit (Raft Foundation) Pada Gedung Mcc Malang. Tesis. Institut Negeri Malang.

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. SNI 1726:2019. <https://tekonsipil.sv.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/938/2020/01/SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung.pdf>
- Sugianto, A. (2018). Studi Desain Pondasi Rakit (Raft Foundation) dengan Menggunakan Metode Kekakuan Konvensional pada Pembangunan Gedung Meotel Dafam Jember. Tesis. Universitas Muhammadiyah Jember.
- Tarigan, R. G. (2023). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Gedung Menara Bri Medan. Tesis. Universitas Medan Area.
- Waliyudiin, A. K., & Pramusandi, S. (2023). Analisis Daya Dukung Raft Foundation Pada Proyek Gedung Rsia Sanglah. Tesis. Politeknik Negeri Jakarta.
- Widiyanto fian A. (2020). Perencanaan Pondasi Rakit Gedung 5 Lantai Dan 1 Basement Pada Bangunan Hotel Di Kab. Sukoharjo Jawa Tengah. Tesis. Universitas Muhammadiyah Surakarta.