

Studi Kelayakan Pondasi *Strauss* Terhadap Struktur Atas Pada Gedung Ruang Operasi *Hybrid* RSUD Dr. Haryoto Lumajang

Feasibility Study of Strauss Pile Foundation for Supporting the Superstructure in Hybrid Operating Room at Dr. Haryoto Regional Public Hospital Lumajang

Sari Dewi Oktavianti Wulandari¹⁾, Pujo Priyono²⁾, Arief Alihudien³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember
email: saridewiow@gmail.com

²⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember
email: pujopriyono@unmuhjember.ac.id

³⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Pondasi merupakan elemen struktural bawah yang berfungsi menyalurkan beban dari elemen struktur atas ke tanah pendukung. Kelayakan pondasi perlu di analisa sehingga dapat menahan beban kerja di bawah kapasitas izin dan merespons gaya gempa sesuai ketentuan perencanaan. Pada gedung ruang operasi/Ok *Hybrid* RSUD Dr. Haryoto ini masih belum dilakukan studi kelayakan struktur. Tujuan penelitian mengkaji kelayakan pondasi *strauss* dalam menahan beban struktur terhadap struktur atas dan mengetahui intensitas gempa yang dapat ditahan oleh struktur. Metode penelitian menggunakan analisa daya dukung ultimate ($Q_{all(g)}$) dari data pengujian tanah sondir. Nilai ($Q_{all(g)}$) $\leq Q_{maks}$, dimana Q_{maks} merupakan kapasitas daya dukung maksimal yang didapatkan dari analisa beban aksial dan momen pada tingkatan intensitas gempa 100%, 75%, 50%, dan 30% di SAP2000. Hasil menunjukkan nilai ($Q_{all(g)}$) pada pondasi PD1K1 dan PD1K2 sebesar 493,36 kN sementara untuk PD2K3 dan PD2K4 323,52 kN. Untuk ($Q_{all(g)}$) pada intensitas gempa 100% sesuai dengan analisa SAP2000 adalah sebesar 468,27 kN, 271,73 kN, 205,19 kN dan 144,69 kN. Oleh karena itu, penelitian ini membuktikan bahwa pondasi sudah layak dalam menahan beban struktural dan gaya seismik. Penggunaan fitur *foundation design* pada SAP2000 disarankan untuk meningkatkan akurasi analisa dan efisiensi perencanaan.

Kata Kunci: Pembangunan; Pondasi *Strauss*; Ruang Operasi; Studi Kelayakan; Struktur Atas

Abstract

The foundation is a substructural element that transfers loads from the superstructure to the supporting soil. Foundation feasibility must be analyzed to ensure it can withstand working loads below the allowable capacity and respond to seismic forces in accordance with design standards. In the Hybrid Operating Room building at Dr. Haryoto Regional Public Hospital, no structural feasibility study has yet been conducted. This research aims to assess the feasibility of Strauss pile foundations in supporting structural loads and to determine the maximum earthquake intensity the structure can resist. The ultimate bearing capacity ($Q_{all(g)}$) was calculated from cone penetration test data and compared with the maximum capacity (Q_{max}) obtained from axial load and moment analysis at earthquake intensities of 100%, 75%, 50%, and 30% in SAP2000. The results show $Q_{all(g)}$ values of 493.36 kN for PD1K1 and PD1K2, and 323.52 kN for PD2K3 and PD2K4. For 100% earthquake intensity, $Q_{all(g)}$ from SAP2000 analysis is 468.27 kN, 271.73 kN, 205.19 kN, and 144.69 kN, respectively. Therefore, the study concludes that the foundation is adequate to withstand structural and seismic loads. The use of the SAP2000 foundation design feature is recommended to improve analysis accuracy and design efficiency.

Keywords: Construction Strauss Pile; Operating Room; Feasibility Study; Superstructure

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan suatu bangunan tergantung dari kemampuannya berdiri kokoh dan aman digunakan. Tanah sebagai elemen pendukung bangunan memiliki peran penting dalam konstruksi seperti gedung dan jembatan. Tanah tersusun dari campuran butiran mineral dan kadang mengandung bahan organik. Pada bidang teknik sipil, jenis tanah dibedakan berdasarkan ukuran dan sifatnya, seperti pasir, lanau dan lempung (Hardiyatmo, 1996). Karakteristik tanah di lokasi proyek sangat mempengaruhi proses pemilihan jenis pondasi, oleh karena itu perencanaan struktur harus dimulai dengan pengujian kondisi tanah sesuai dengan yang ada di lapangan (Vooturi & Kadali, 2024). Macam-macam pengujian tanah diantaranya pengujian yang dilakukan di laboratorium menghasilkan data sifat tanah (Das & Sivakugan, 2018). Sementara untuk pengujian di lapangan biasanya disebut sebagai *loading test* (Mahmudi, 2023). Seperti pada RSUD Dr. Haryoto di Lumajang ini, dilakukan pembangunan ulang dari gedung yang digunakan sebagai ruang operasi dilakukan pembangunan ulang yang direncanakan menjadi tiga lantai. Pengujian yang digunakan di lokasi pembangunan tersebut adalah adalah uji sondir.

Perencanaan pondasi harus disesuaikan dengan kondisi tanah dan beban struktur agar stabilitas bangunan terjaga dan tidak terjadi keruntuhan geser atau penurunan (*settlement*) yang melebihi batas ijin maksimal (Muhshin & Ika Putra, 2021). Secara umum, pondasi diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*) (Aisah & Dhiniati, 2023). Pemilihan jenis pondasi ini bergantung pada jenis struktur bangunan serta daya dukung tanah di lokasi pembangunan (Sulistianto & Rus, 2024). Pada bangunan bertingkat, umumnya digunakan pondasi dalam karena pondasi dalam dirancang untuk menyalurkan beban yang besar atau ketika dibutuhkan kedalaman tertentu guna mencapai lapisan tanah keras yang memiliki daya dukung mencukupi untuk menahan beban struktur di atasnya (Satiti et al., 2021).

Penelitian (Putra et al., 2022) mengevaluasi kapasitas pondasi eksisting pada gedung Poltekkes Malang dengan mengganti struktur atas dari beton ke baja. Tujuannya adalah untuk menilai efisiensi pondasi terhadap beban struktur baru. Hasilnya, penggunaan struktur baja menurunkan reaksi pondasi hingga 31% dibandingkan struktur beton. Penurunan ini disebabkan oleh bobot baja yang lebih ringan. Evaluasi dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Selanjutnya pada penelitian oleh (Cahyani et al., 2020) menganalisis kekuatan struktur atas dengan mempertimbangkan pondasi eksisting. Metode yang digunakan melibatkan data uji tanah seperti SPT dan sondir untuk menghitung kapasitas pondasi dan kolom. Perangkat lunak PCACol digunakan untuk menganalisis interaksi antara gaya aksial dan momen lentur pada kolom. Hasilnya menunjukkan pondasi eksisting cukup kuat untuk menopang struktur atas tanpa penguatan tambahan. Studi ini relevan untuk proyek sejenis dalam memastikan transfer beban yang aman.

Analisa dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan pondasi *strauss* dalam mendukung struktur atas dari bangunan ruang operasi/OK Hybrid RSUD Dr. Haryoto. Evaluasi ini mencakup analisa kapasitas daya dukung aksial dan lateral pondasi berdasarkan kondisi lapangan. Selain itu, studi ini juga meninjau kemampuan struktur pondasi dalam menahan intensitas gempa yang mungkin terjadi pada struktur. Oleh karena itu, hasil evaluasi diharapkan dapat mengetahui kelayakan struktur dalam menampung beban yang terjadi, menjadi acuan teknis bagi perencanaan dan analisa pondasi pada penelitian serupa.

Penelitian ini difokuskan pada analisa kapasitas pondasi *strauss* dalam mendukung struktur atas ruang operasi/OK Hybrid di RSUD Dr. Haryoto. Acuan yang digunakan mengacu pada SNI 1726:2019 untuk beban gempa, SNI 2847:2019 dan SNI 1727:2013 untuk struktur, serta SNI 8460:2017 untuk geoteknik. Analisa terbatas pada sistem pondasi dan hubungannya dengan struktur atas dengan menggunakan data uji tanah dari lokasi proyek yang sudah ada tanpa melakukan elaborasi dengan kondisi tanah atau elaborasi nilai uji tanah lainnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Struktur Bangunan Gedung

Bangunan struktur bisa berdiri kokoh, mempunyai struktur yang terbagi dalam beberapa elemen utama diantaranya struktur kolom, balok, pelat dan pondasi. Struktur kolom merupakan elemen vertikal yang mentransfer beban aksial dari struktur atas ke pondasi, termasuk beban mati, hidup dan beban lateral seperti angin dan gempa. Perancangannya mengacu pada SNI 2847:2019 dan harus mampu menahan gaya aksial, momen lentur, serta gaya geser (Nasional, 2019). Kapasitas dan dimensi kolom ditentukan oleh jenis material serta tinggi struktur bangunan. Pada bangunan bertingkat, diterapkan prinsip *strong column weak beam* agar kegagalan terjadi pada balok, bukan kolom, saat terjadi gempa. Kapasitas kolom dianalisis menggunakan diagram interaksi P-M yang menunjukkan hubungan antara gaya aksial dan momen lentur (Zhang, 2024).

Berbeda dengan kolom yang menopang beban secara vertikal, struktur balok merupakan elemen horizontal yang berfungsi menyalurkan beban dari pelat ke kolom dan menahan gaya lentur, geser, serta puntir. Dalam beton bertulang, balok dirancang dengan tulangan tarik di bawah dan tekan di atas. Terdapat balok induk (girder) dan balok anak. Desainnya memperhitungkan bahan, tulangan, serta daktilitas agar mampu menyerap energi gempa melalui deformasi plastis (Hasibuan et al., 2022).

Selanjutnya, pondasi merupakan elemen struktur bawah yang berperan penting dalam meneruskan beban dari struktur atas seperti balok, kolom dan pelat ke lapisan tanah pendukung secara aman. Struktur pondasi tiang khususnya adalah jenis pondasi yang banyak dipilih untuk kondisi tanah yang lemah, kebutuhan terhadap gaya tahan lateral, tanah ekspansif, atau lokasi yang mengalami gaya angkat dan erosi (Das & Sivakugan, 2018). Pondasi tiang dikenal mampu memberikan kestabilan yang lebih baik, terutama pada proyek infrastruktur besar seperti gedung bertingkat atau lokasi dengan keterbatasan teknis tertentu seperti pantai. Sehingga dapat

dipastikan struktur mampu menahan beban vertikal dan lateral secara optimal, sekaligus meningkatkan keamanan keseluruhan bangunan. (Kurnain et al., 2025).

B. Pembebanan Struktur

Pada pembahasan analisa struktur, hal penting untuk membedakan antara beban statis dan beban dinamis. Beban statis bekerja secara perlahan dan menghasilkan deformasi permanen. Sementara itu, beban dinamis bekerja secara tiba-tiba dengan perubahan besar dan cepat, yang dapat menyebabkan respons dan deformasi puncak yang tidak selalu bertepatan dengan deformasi maksimum struktur. (Schodek et al., 1999). Macam-macam beban struktur diantaranya adalah beban mati (*dead load*), yaitu beban vertikal yang bersifat tetap, seperti berat sendiri bangunan termasuk penutup lantai, alat mekanis dan partisi permanen. Beban ini dihitung berdasarkan berat satuan material dan volume elemen, dengan data berat satuan biasanya tersedia dalam tabel standar (Nasional, 2013). Selain beban mati, beban hidup juga merupakan bagian krusial dimana beban tersebut adalah beban yang bekerja perlahan dan dapat berpindah, seperti berat manusia dan perabotan. Beban ini umumnya vertikal, namun bisa juga horizontal. Karena sulit ditentukan secara langsung, nilainya ditetapkan berdasarkan jenis penggunaan dan perilaku beban, dengan mempertimbangkan kemungkinan penggunaan di masa depan sehingga biasanya lebih besar dari beban aktual (Nasional, 2013). Beban gempa berasal dari pergeseran lempeng bumi yang menimbulkan getaran pada tanah dan bangunan, memicu gaya inersia karena massa bangunan berusaha mempertahankan posisinya. Besarnya gaya ini dipengaruhi oleh massa dan distribusinya, kekakuan struktur dan tanah, jenis pondasi, sistem redaman, serta karakteristik gempa (Schodek et al., 1999). Ketahanan struktur terhadap gempa mengacu pada SNI 1726:2019, yang mengatur parameter seperti percepatan tanah, faktor keutamaan, dan respons spektrum desain (Badan Standarisasi Nasional, 2019). Penentuan beban gempa dilakukan berdasarkan pendekatan berbasis kinerja sesuai fungsi bangunan, menggunakan

nilai percepatan tanah dari peta zonasi gempa Indonesia, dengan MCE (gempa maksimum 2500 tahunan) dan DBE (2/3 MCE) sebagai acuan perencanaan.

Spektrum percepatan desain adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara percepatan spektral dan periode getar struktur. Parameter percepatan desain dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \quad (1)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \quad (2)$$

Keterangan:

SDS = Percepatan spektral desain pada periode pendek (m/s²)

SD1 = Percepatan spektral desain pada periode 1 detik (m/s²)

SMS = Percepatan spektral tanah maksimum pada periode pendek (MCE) (m/s²)

SM1 = Percepatan spektral tanah maksimum pada periode 1 detik (MCE) (m/s²)

Pada peta gempa nasional Indonesia memberikan nilai percepatan tanah dasar (PGA, SS dan S1) berdasarkan lokasi proyek berada. Nilai ini kemudian dimodifikasi oleh koefisien kondisi tanah yaitu faktor amplikasi tanah pada periode pendek (Fa) dan faktor amplikasi tanah pada periode 1 detik (Fv).

C. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Strauss

Kapasitas daya dukung pondasi Strauss adalah beban maksimum yang dapat ditahan sebelum mengalami kegagalan. Penentuan nilai ini didasarkan pada data hasil uji tanah yang dilakukan di lapangan maupun laboratorium. Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan untuk dua jenis pondasi: Strauss tunggal dan Strauss kelompok, mengacu pada buku *Principles of Foundation Engineering* (Das & Sivakugan, 2018).

1. Kapasitas Daya Dukung Ultimate Pada Strauss Tunggal

Menurut metode dari teori Meyerhoff, untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah ultimate pada pondasi strauss tunggal (Qult) dapat diperoleh dengan rumus berikut ini:

$$Q_{ult} = \frac{q_p \cdot A_p}{3} + \frac{JHP \cdot k}{5} \quad (3)$$

Keterangan:

qp = Nilai tahanan pada ujung tiang (kg/cm²)

= Nilai konus (qc)

Ap = Luas penampang tiang (cm²)

= $\pi / 4 \times D^2$

JHP = Jumlah Hambatan Penetrasi (kg/cm)

k = Keliling tiang (cm)

= $\pi \times D$

3, 5 = Angka keamanan pada tahanan ujung dan geser

Sama halnya dengan desain pondasi lain, faktor keamanan atau safety factor (FS) biasanya diterapkan pada kapasitas daya dukung ultimate yang dihitung untuk memastikan bahwa pondasi aman dalam kondisi beban maksimum yang dihadapi. Rumus untuk daya dukung ijin pondasi strauss tunggal (Qall) adalah sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{FS} \quad (4)$$

Keterangan:

Qult = Daya dukung ultimate strauss tunggal (ton)

FS = Faktor keamanan (biasanya antara 2 hingga 3)

2. Kapasitas Daya Dukung Ultimate Pada Strauss Kelompok

Kapasitas dukung kelompok strauss dipengaruhi oleh dua faktor utama; interaksi antar strauss dan efek jarak antar strauss. Untuk menghitung nilai ini, ada dua metode yang umum digunakan yaitu metode Terzaghi dan metode Massey.

$$Q_{all(g)} = Q_{all} \cdot \eta \quad (5)$$

Keterangan:

η = Efisiensi kelompok

Pada pondasi tiang lebih dari satu, untuk mentransfer beban struktur yang bekerja pada tanah maka diasumsikan jika beban yang disalurkan oleh tiang ke tanah akan bertumpang tindih. Oleh karena itu, dihitung nilai untuk efisiensi pondasi tiang kelompok (η) sebagai berikut:

$$\eta = 1 - \left(\frac{\varnothing}{S} \right) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)}{m \times n} \right) \quad (6)$$

Keterangan:

- $\varnothing$ = Sudut interaksi antar tiang ($^{\circ}$)
= $\tan^{-1} (D / S)$
- m = Jumlah baris tiang
- n = Jumlah titik tiang
- S = Jarak antar tiang (m)

D. Penurunan Pondasi *Strauss*

Penurunan elastis yang terjadi pada pondasi *strauss* dilakukan untuk menganalisa stabilitas bangunan struktur. Untuk mengetahui nilai ini, awalnya dilakukan dengan menghitung penurunan untuk pondasi *strauss* tunggal dengan cara:

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \times L}{A_p \times E_p} \quad (7)$$

Keterangan:

- D = Diameter tiang (m)
- L = Kedalaman tiang (m)
- A_p = Luas penampang (m^2)
= $\pi/4 \times D^2$
- E_p = Modulus Elastisitas (t/m^2)
= $4700 \times \sqrt{f_c}$
- Q = Beban total (ton)
= Beban aksial (P) + Berat tiang (W_p)
= $P + (A_p \times \gamma \times n \times L)$

Sehingga, untuk penurunan pada pondasi *strauss* kelompok yang mempertimbangkan interaksi antar tiang dalam kelompok, gaya yang bekerja di tanah dan distribusi beban dari struktur atas, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S_{(g)} = S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (8)$$

Keterangan:

- L_g = Panjang pondasi kelompok (m)
= $(n - 1) s + 2 (D/2)$
- B_g = Lebar pondasi kelompok (m)
= $(m - 1) s + 2 (D/2)$

Selanjutnya dilakukan pengecekan berdasarkan penurunan pada pondasi kelompok yang diijinkan. Berdasarkan SNI 8460:2017 (Badan Standarisasi Nasional, 2017), nilai ini didapatkan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$S_{ijin} \leq 15 \text{ cm} + \frac{\text{bentang gedung (m)}}{600} \quad (9)$$

E. Analisa Struktur Menggunakan SAP2000

Pada penelitian ini, analisa kapasitas struktur selain dilakukan secara manual juga menggunakan aplikasi SAP2000 v25 dimana dilakukan analisa beban struktur termasuk gaya vertikal, horizontal dan momen yang termasuk kedalamannya. Dengan tujuan, agar bisa menghitung respons struktur (momen lentur, gaya geser, defleksi dan lainnya) sesuai dengan desain dan pembebanan yang direncanakan. Perhitungan menggunakan SAP2000 v25 ini bertujuan untuk membandingkan nilai dari perhitungan dari kedua cara tersebut, untuk mengecek keakuratan dan agar hasil dari penelitian bisa lebih teliti. Dengan begitu, diharapkan analisa dengan aplikasi ini berjalan dengan baik. (Ritonga, 2023).

F. Kontrol Intensitas Gempa pada Struktur

Ketahanan struktur terhadap gempa dirancang sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019, yang menetapkan parameter penting seperti percepatan tanah, faktor keutamaan bangunan, dan spektrum respons desain. Parameter-parameter ini digunakan untuk memastikan bahwa bangunan mampu menahan gaya gempa secara aman dan sesuai standar perencanaan (Badan Standarisasi Nasional, 2019). Pada pembebanan gempa, analisis dilakukan berdasarkan spektrum respons desain. Dalam SAP2000, beban gempa (DX, DY) dikalikan dengan faktor pengali sesuai rumus dari SNI 1726-2012:

$$\text{Faktor Pengali} = \frac{\text{gravitasi} \times \text{intensitas}}{\% \times \text{Reduksi}} \quad (10)$$

Faktor pengali digunakan pada penelitian ini, ada empat tingkat intensitas gempa yaitu 100%, 75%, 50%, dan 30%, guna mengevaluasi seberapa besar intensitas gempa yang masih dapat ditahan oleh struktur pondasi sebelum bangunan mengalami kegagalan struktur.

G. Analisa Kelayakan Pondasi Terhadap Daya Dukung Tanah

Salah satu syarat keamanan pondasi adalah $Q_{maks} < Q_{all}$. Dimana nilai kapasitas daya dukung ultimate (Q_{maks}) pada pondasi *strauss* kelompok harus lebih kecil dari nilai kapasitas

daya dukung ijin (Qall) yang dapat ditampung oleh struktur pondasi tersebut. Perhitungan ini dirumuskan sebagai berikut.

$$Q_{maks} = \frac{P}{n} + \frac{M_x \cdot x_1}{\sum x^2} + \frac{M_y \cdot x_2}{\sum x^2} \quad (11)$$

Keterangan:

- P = Beban aksial total (kN)
M_x, M_y = Momen terhadap sumbu X dan Y (kN-m)
x₁, x₂ = Jarak titik pondasi terhadap titik berat pondasi (m)
 $\sum x^2$ = Momen inersia (m²)
n = Jumlah tiang

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan gedung ruang operasi/OK Hybrid yang berlokasi di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Dr. Haryoto yang terletak di jalan Basuki Rahmat No. 5, Kelurahan Tempokersan, Kecamatan Lumajang, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
[Sumber: Google Earth Pro, 2024]

B. Pengumpulan Data

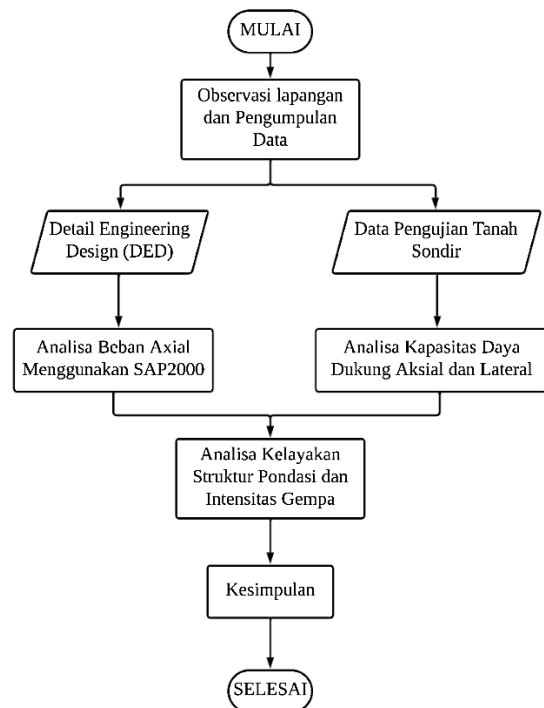
Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu:

1. Data sondir yang dilakukan di lokasi proyek. Tanah keras ditemukan pada kedalaman 3,2 m, sehingga pondasi *strauss* direncanakan sedalam 2 m. Data ini digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung.
2. Detail Engineering Drawing (DED) proyek ruang operasi RSUD Dr. Haryoto, yang

mencakup perencanaan dan detail pondasi Strauss sebagai acuan dimensi, kedalaman, dan posisi elemen struktur.

C. Flowchart

tahapan penelitian yang dimulai dari observasi lapangan dan pengumpulan data, mencakup Detail Engineering Design (DED) dan hasil uji tanah sondir. Data tersebut digunakan untuk analisis beban aksial dengan SAP2000 serta perhitungan kapasitas daya dukung aksial dan lateral pondasi. Hasil analisis kemudian dievaluasi untuk menilai kelayakan pondasi terhadap intensitas gempa, dan tahap akhir adalah penarikan kesimpulan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian
[Sumber: Hasil Penelitian, 2025]

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis disajikan berdasarkan data teknis proyek, mencakup evaluasi daya dukung pondasi, analisis respon struktur terhadap beban, dan verifikasi kesesuaian dengan standar perencanaan. Perhitungan ditampilkan dalam tabel dan grafik yang difokuskan pada perbandingan kapasitas rencana dan beban kerja, faktor penyebab perbedaan, serta implikasinya terhadap kelayakan pondasi dan keamanan struktur.

A. Gambaran Umum Proyek

Informasi teknis proyek yang disajikan ini menjadi gambaran dasar penelitian yang akan dilakukan. Seluruh data ini diperoleh dari hasil dokumen perencanaan proyek dan menjadi dasar dalam melakukan penelitian. Informasi dasar proyek tersebut diuraikan sebagai berikut.

1. Jenis Bangunan = uang Operasi
2. Jenis Tanah = Pasir
3. Jenis Pondasi = *Strauss*
4. Diameter Pondasi = 0,5 meter
5. Kedalaman Pondasi = 2 meter
6. Jumlah *Strauss* = 2 buah
7. Data Tanah = Sondir (CPT)
8. Luas Bangunan = 254 m²
9. Tinggi Bangunan = 13,5 meter
10. Jumlah Lantai = 3 lantai
11. Struktur Bangunan = Beton bertulang
12. Mutu Beton = 30 MPa
13. Mutu Baja = 390 MPa

B. Data Perencanaan

Data perencanaan disajikan sebagai dasar dari analisa dan perhitungan pada penelitian. Data-data perencanaan ini diantaranya:

1. Data Pengujian Tanah

Data tanah pada penelitian ini diperoleh melalui pengujian sondir yang dilaksanakan langsung di lokasi proyek. Hasil pengujian ini memberikan informasi mengenai karakteristik lapisan tanah. Data ini disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data Pengujian Sondir

Depth (m)	Conus kg/cm ²	FR %	JHP kg/cm
0,2	25	2,00	10
0,4	70	2,86	50
0,6	90	1,11	70
0,8	50	1,00	80
1,0	25	4,00	100
1,2	30	3,33	120
1,4	15	3,33	130
1,6	60	3,33	170
1,8	100	2,00	210
2,0	110	1,82	250

[Sumber: Data Penelitian, 2024]

2. Data Struktur Bangunan

Berdasarkan data *detail engineering design* (DED), direncanakan bangunan struktur dengan detail yang memuat informasi terkait dimensi dan detail penulangan yang akan digunakan. Macam-macam data tersebut struktur pondasi, kolom dan balok. Rincian data struktur pondasi disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Data Struktur Pondasi

Kode Pondasi	Diameter (m)	Tinggi (m)	Tulangan Utama
PD-1-K1	0,50	2	16 D 19
PD-1-K2	0,50	2	16 D 19
PD-2-K3	0,40	2	16 D 19
PD-2-K4	0,40	2	16 D 19

[Sumber: Data Penelitian, 2024]

Data struktur kolom memuat informasi teknis yang meliputi dimensi dan detail penulangan. Rincian spesifikasi kolom tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Struktur Kolom

Kode Kolom	Dimensi (cm)		Tinggi (m)	Tulangan Utama		Sengkang (mm)
	P	L				
K1	60	60	4,50	7 D	19	Ø10 – 150
K2	60	40	4,50	6 D	19	Ø10 – 150
K3	40	30	4,50	4 D	16	Ø8 – 150
K4	30	20	4,50	4 D	16	Ø8 – 150
K5	30	15	4,50	3 D	16	Ø8 – 150
KP	15	15	4,50	2 D	10	Ø8 – 150

[Sumber: Data Penelitian, 2024]

Data struktur balok mencakup informasi teknis mengenai dimensi dan detail penulangan. Data elemen balok ini disajikan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Data Struktur Balok

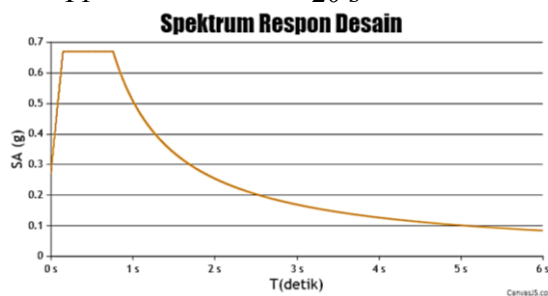
Data Balok	Dimensi (cm)		Tulangan Utama	Sengkang
B1	35 × 60		4D19	Ø10 – 100
B2	30 × 55		8D19	Ø10 – 100
B3	25 × 45		6D16	Ø8 – 100
B4	20 × 40		5D16	Ø8 – 100
B5	15 × 25		4D12	Ø8 – 100

[Sumber: Data Penelitian, 2024]

3. Data Spektrum Respon Desain

Berdasarkan lokasinya, RSUD Dr. Haryoto berada tepat di titik koordinat lintang - 8,1210739 dan bujur 113,2233561. Berdasarkan koordinat tersebut, dilakukan penentuan parameter seismik sesuai ketentuan peraturan gempa yang berlaku, sehingga diperoleh data seismik sebagai berikut:

Kelas Tanah	= SD (Tanah Sedang)
PGA MCEG	= 0,4052 g
Ss MCEr	= 0,8839 g
S1 MCEr	= 0,4099 g
Sds	= 0,67 g
Sd1	= 0,51 g
T0	= 0,15 s
Ts	= 0,76 s
T1	= 20 s



Gambar 3. Grafik Spektrum Respon Desain
[Sumber: PuSGeN, DBTPP, Ditjen Cipta Karya, Kementerian PUPR, 2025]

C. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah dilakukan untuk mengetahui kapasitas ijin tanah dalam menerima beban struktur. Analisa ini menggunakan data hasil pengujian sondir (CPT), untuk memperoleh parameter tanah yang dibutuhkan. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan kapasitas beban struktur yang terjadi kerja untuk memastikan nilainya berada di bawah kapasitas izin sesuai ketentuan perencanaan.

1. Kapasitas Daya Dukung Pondasi *Strauss* Tunggal

Analisa dilakukan dengan mencari nilai kapasitas daya dukung pondasi *strauss* tunggal untuk mengetahui kekuatannya pada satu titik.

$$Q_{ult} = \frac{q_p \cdot A_p}{3} + \frac{JHP \times keliling}{5}$$

$$= \frac{110 \cdot (\pi/4 \times 0,5^2)}{3} + \frac{250 \times (\pi \times 0,5)}{5}$$

$$= \frac{110 \cdot 1962,5}{3} + \frac{250 \times 157}{5}$$

$$= \frac{110 \cdot 1962,5}{3} + \frac{250 \times 157}{5}$$

$$= 71958,3 + 7850$$

$$= 79808,33 \text{ kg} \rightarrow 798,08 \text{ kN}$$

Selanjutnya, nilai Q_{ult} yang sudah didapatkan digunakan untuk menghitung juga nilai daya dukung ijin (Q_{all}) nya sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{FS}$$

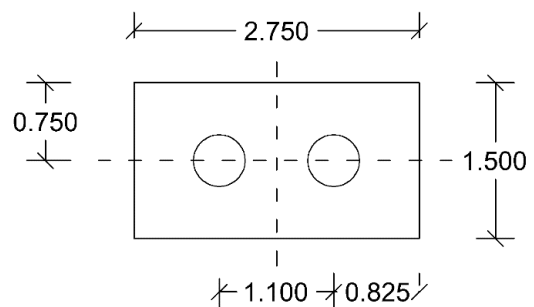
$$= \frac{798,08}{2,5}$$

$$= 319,23 \text{ kN}$$

2. Kapasitas Daya Dukung Ultimate Pondasi Kelompok

Pada nilai kapasitas daya dukung ultimate pada pondasi *strauss* kelompok atau $Q_{all}(g)$, dilakukan dari Gambar 4 untuk menentukan nilai dari parameter-parameter di bawah ini.

Jarak antar tiang (s)	= 1,1 meter
Jumlah baris (m)	= 1 buah
Jumlah titik (n)	= 2 buah



Gambar 4. Layout Pondasi *Strauss*
[Sumber: Data Penelitian, 2025]

Berdasarkan Gambar 4, dapat dihitung nilai sudut efisiensi ($\emptyset$) pada satu titik tiang dan nilai sudut efisiensi kelompok (η) yang diuraikan di bawah ini.

Nilai su efisiensi ($\emptyset$)

$$= \tan^{-1} (D / s)$$

$$= \tan^{-1} (0,5 / 1,1)$$

$$= 24,46^\circ$$

Nilai sudut efisiensi kelompok (η)

$$= 1 - \left(\frac{D}{s} \right) \times \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right)$$

$$= 1 - \left(\frac{0,5}{1,1} \right) \times \left(\frac{(2-1)1 + (1-1)2}{1 \times 2} \right)$$

$$= 0,84$$

Sehingga nilai kapasitas daya dukung ultimate untuk pondasi strauss kelompok ($Q_{all(g)}$) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= Q_{all} \times n \times \eta \\ &= 798,08 \times 2 \times 0,77 \\ &= 493,36 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan di atas, diperoleh nilai kapasitas daya dukung pondasi *strauss* dari masing-masing tipe pondasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Data	Satuan	PD-1-K1	PD-1-K2	PD-2-K3	PD-2-K4
Tahanan Ujung, q_p	kg/cm ²	110	110	110	110
Tahanan Selimut, Q_s	kg	39250	39250	31400	31400
Qult	kN	798,08	798,08	523,33	523,33
$Q_{all} = Q_{ult} / FS$	kg	319,23	319,23	209,33	209,33
$Q_{all(g)}$	kN	493,36	493,36	323,52	323,52

[Sumber: Hasil Perhitungan, 2025]

D. Pembebanan Pada Struktur

Berdasarkan SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, berikut ini diuraikan pembebanan untuk beban mati (*dead load*), beban mati tambahan (*superdead load*) dan beban hidup (*live load*).

1. Beban Mati (*Dead Load*)
 - Beton bertulang = 2400 kg/m³
 - Beton = 2200 kg/m³
 - Tanah, pasir = 1600 kg/m³
 - Air, kayu = 1000 kg/m³
 - Plafon + penggantung + MEP = 20 kg/m²
 - Dinding bata ringan (ACC) = 600 kg/m³
2. Beban Mati Tambahan (*Superdead Load*)
 - Beban lantai = 1,44 kN/m²
 - Beban lantai atap = 0,39 kN/ m²
 - Beban dinding = 2,65 kN/m²
3. Beban Hidup (*Live Load*)
 - Atap = 0,96 kN/m²
 - Lantai rumah sakit = 2,45 kN/m²
 - Ruang operasi = 2,87 kN/m²
 - Ruang pasien = 1,92 kN/m²
4. Beban Gempa

Beban gempa sesuai arah x dan y dengan besaran intensitas gempa disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Besaran Intensitas Gempa

Besar Intensitas Gempa	Arah x (DX)	Arah y (DY)
100%	6,1313	1,839
75%	4,598	1,379

50%	3,065	0,0919
30%	1,839	0,551

[Sumber: Hasil Perhitungan, 2025]

5. Kombinasi Beban

Dari SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan SNI 1726:2012 tentang parameter perancangan gempa untuk struktur bangunan, ada tiga macam kombinasi beban yang digunakan untuk menganalisa struktur pada penelitian ini yaitu:

Kombinasi 1 = DL + DL + SDL

Kombinasi 2 = DL + LL + SDL + Ex + Ey

Kombinasi 3 = DL + LL + SDL + Ey + Ex

Keterangan:

DL = Beban Mati (*Dead Load*)

SDL = Beban Mati Tambahan (*Superdead Load*)

LL = Beban Hidup (*Live Load*)

Ex = Beban Gempa Arah x

Ey = Beban Gempa Arah y
= 0,3 Ex

E. Parameter Desain Seismik

Parameter-parameter ini dihitung sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 dan data spektrum respons desain pada lokasi penelitian. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menentukan besaran nilai desain seismik pada struktur yang dihitung dengan cara sebagai berikut.

1. Faktor amplifikasi periode pendek, F_a

$$F_a = \frac{1,2 + 1,1}{2} = 1,15$$

2. Faktor amplifikasi periode 1 detik, F_s

$$F_s = \frac{1,2 + 1,1}{2} = 1,15$$

3. Percepatan pada periode pendek, S_{MS}

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,15 \times 0,88 = 1,02$$

4. Percepatan pada periode 1 detik, S_{M1}

$$S_{M1} = F_s \times S1 = 1,15 \times 0,41 = 0,76$$

5. Percepatan desain pada periode pendek, S_{DS}

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,02 = 0,68$$

6. Percepatan desain pada periode 1 detik, S_{D1}

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,76 = 0,51$$

7. Parameter periode, T_s

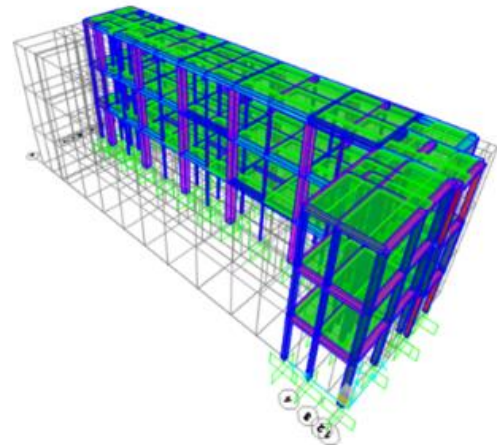
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,51}{0,68} = 0,75$$

8. Parameter periode, T_0

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,51}{0,68} = 0,15$$

F. Permodelan SAP2000

Desain struktur bangunan yang akan diteliti di permodelan melalui aplikasi SAP2000 berdasarkan data yang sudah ada seperti data struktural perencanaan dan parameter gempa yang sudah diolah sebelumnya. Melalui permodelan ini, dilakukan analisa untuk menemukan nilai beban aksial dan momen yang bekerja pada masing-masing pondasi *stauss*. Untuk nilai beban aksial diambil dari komponen gaya F3 maksimal dan komponen M1, M2 maksimal untuk momen maksimum arah X dan Y pada setiap tipe pondasi. Data tersebut diperoleh dengan menampilkan hasil *output joint reaction* terbesar pada setiap tipe pondasi, sesuai dengan variasi besaran intensitas gempa yang sudah ditentukan sebelumnya.



Gambar 5. Permodelan Struktur pada SAP2000

[Sumber: Hasil Analisis, 2025]

G. Hasil Analisa SAP2000

Berikut disajikan nilai *output joint reaction* dari hasil analisa pemodelan struktur yang dilakukan menggunakan SAP2000 pada Tabel 7. Data hasil analisa ini akan digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kelayakan pondasi *strauss* dalam mendukung struktur bangunan yang diteliti.

Tabel 7. Hasil Analisa SAP2000

PD1K1			
Faktor Reduksi	Axial Load	Mux	Muy
	kN	kN-m	kN-m
100	746,27	104,65	306,99
75	701,65	79,50	224,26
50	657,05	54,38	141,58
30	621,35	34,26	75,39
PD1K2			
Faktor Reduksi	Axial Load	Mux	Muy
	kN	kN-m	kN-m
100	577,71	201,16	56,13
75	543,56	150,71	41,98
50	509,42	100,28	27,83
30	482,09	59,92	16,50
PD2K3			
Faktor Reduksi	Axial Load	Mux	Muy
	kN	kN-m	kN-m
100	318,65	50,45	17,12

75	296,98	37,04	12,76
50	275,32	23,64	8,40
30	257,99	12,91	4,91
PD2K4			
Faktor Reduksi	Axial Load	Mux	Muy
	kN	kN-m	kN-m
100	251,71	20,71	5,04
75	214,04	15,54	4,04
50	176,39	10,36	3,03
30	146,25	6,22	2,23

[Sumber: Hasil Analisis, 2025]

H. Penurunan Elastis Pondasi *Strauss*

Setelah mengetahui besaran nilai beban aksial yang terjadi pada masing-masing tipe pondasi, juga data pendukung untuk menghitung penurunan elastis yang terjadi di setiap tipe pondasi *strauss*. Hal ini bertujuan untuk menganalisa keamanan dari pondasi tersebut apakah penurunan yang terjadi setelah beban struktur terlaksana masih di bawah batas yang diijinkan. Oleh sebab itu, nilai penurunan elastis kelompok ($S(g)$) $\leq$ penurunan yang diijinkan (S_{ijin}). Hasil analisa ini ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisa Penurunan Elastis Pondasi *Strauss*

Penurunan Pondasi <i>Strauss</i> (100%)					
Data	Satuan	PD-1-K1	PD-1-K2	PD-2-K3	PD-2-K4
S	m	0,005	0,005	0,004	0,004
S(g)	m	0,005	0,005	0,004	0,004
Sijin	m	0,15	0,15	0,15	0,15
Cek Kelayakan		AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
Penurunan Pondasi <i>Strauss</i> (75%)					
Data	Satuan	PD-1-K1	PD-1-K2	PD-2-K3	PD-2-K4
S	m	0,005	0,005	0,005	0,005
S(g)	m	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Sijin	m	0,15	0,15	0,15	0,15
Cek Kelayakan		AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
Penurunan Pondasi <i>Strauss</i> (50%)					
Data	Satuan	PD-1-K1	PD-1-K2	PD-2-K3	PD-2-K4
S	m	0,005	0,005	0,005	0,005
S(g)	m	0,00063	0,00062	0,00062	0,00061
Sijin	m	0,15	0,15	0,15	0,15
Cek Kelayakan		AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
Penurunan Pondasi <i>Strauss</i> (30%)					
Data	Satuan	PD-1-K1	PD-1-K2	PD-2-K3	PD-2-K4
S	m	0,005	0,005	0,005	0,005
S(g)	m	0,00063	0,00062	0,00062	0,00060
Sijin	m	0,15	0,15	0,15	0,15
Cek Kelayakan		AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

[Sumber: Hasil Perhitungan, 2025]

I. Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi *Strauss*

Berdasarkan nilai beban aksial dan momen yang diperoleh dari hasil analisis struktur, dilakukan evaluasi untuk memastikan bahwa kapasitas daya dukung izin pondasi kelompok (Qall) tidak terlampaui oleh beban maksimum yang bekerja (Qmaks), dengan kata lain memenuhi kriteria $Q_{maks} \leq Q_{all}$. Evaluasi ini bertujuan untuk menguji apakah pondasi yang direncanakan mampu menahan kombinasi beban vertikal dan momen akibat beban struktur serta pengaruh gempa. Analisa dilakukan untuk

setiap tipe pondasi dengan mempertimbangkan empat variasi intensitas gempa, yaitu sebesar 100%, 75%, 50%, dan 30%, guna mengetahui batas maksimum pondasi dalam menampung gaya seismik. Analisa ini juga digunakan untuk menilai keamanan struktur terhadap kekuatan beban struktur sesuai dengan variasi intensitas gempa yang ditentukan. Hasil evaluasi disajikan dalam Tabel 9, yang memuat data beban struktur dengan variasi intensitas gempa untuk menganalisa kelayakan pondasi. Dengan demikian, dari analisa ini bisa dipastikan apakah struktur tidak melampaui kapasitas izin.

Tabel 9. Analisa Kelayakan Pondasi *Strauss*

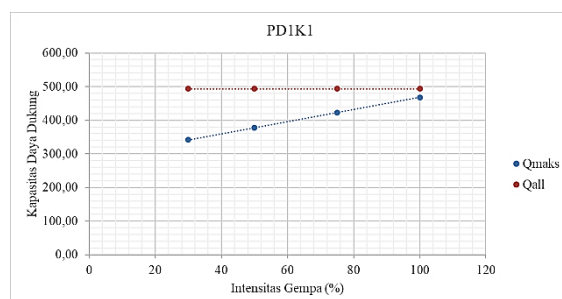
PD1K1											
Faktor Reduksi	Axial Load	Mux	Muy	n	x1	x2	αx^2	Qmaks ≤ Qall			Cek
	kN	kN-m	kN-m		m	m	m²	kN			
100	746,27	104,65	306,99	2,00	0,55	-0,55	0,61	468,27	<	493,36	AMAN
75	701,65	79,50	224,26	2,00	0,55	-0,55	0,61	423,10	<	493,36	AMAN
50	657,05	54,38	141,58	2,00	0,55	-0,55	0,61	377,96	<	493,36	AMAN
30	621,35	34,26	75,39	2,00	0,55	-0,55	0,61	341,83	<	493,36	AMAN
PD1K2											
Faktor Reduksi	Axial Load	Mux	Muy	n	x1	x2	αx^2	Qmaks ≤ Qall			Cek
	kN	kN-m	kN-m		m	m	m²	kN			
100	577,71	201,16	56,13	2,00	0,55	-0,55	0,61	471,73	<	493,36	AMAN
75	543,56	150,71	41,98	2,00	0,55	-0,55	0,61	408,78	<	493,36	AMAN
50	509,42	100,28	27,83	2,00	0,55	-0,55	0,61	345,87	<	493,36	AMAN
30	482,09	59,92	16,50	2,00	0,55	-0,55	0,61	295,52	<	493,36	AMAN
PD2K3											
Faktor Reduksi	Axial Load	Mux	Muy	n	x1	x2	αx^2	Qmaks ≤ Qall			Cek
	kN	kN-m	kN-m		m	m	m²	kN			
100	318,65	50,45	17,12	2,00	0,55	-0,55	0,61	205,19	<	323,52	AMAN
75	296,98	37,04	12,76	2,00	0,55	-0,55	0,61	182,16	<	323,52	AMAN
50	275,32	23,64	8,40	2,00	0,55	-0,55	0,61	159,15	<	323,52	AMAN
30	257,99	12,91	4,91	2,00	0,55	-0,55	0,61	140,73	<	323,52	AMAN
PD2K4											
Faktor Reduksi	Axial Load	Mux	Muy	n	x1	x2	αx^2	Qmaks ≤ Qall			Cek
	kN	kN-m	kN-m		m	m	m²	kN			
100	251,71	20,71	5,04	2,00	0,55	-0,55	0,61	144,69	<	323,52	AMAN
75	214,04	15,54	4,04	2,00	0,55	-0,55	0,61	121,14	<	323,52	AMAN
50	176,39	10,36	3,03	2,00	0,55	-0,55	0,61	97,61	<	323,52	AMAN
30	146,25	6,22	2,23	2,00	0,55	-0,55	0,61	78,78	<	323,52	AMAN

[Sumber: Hasil Perhitungan, 2025]

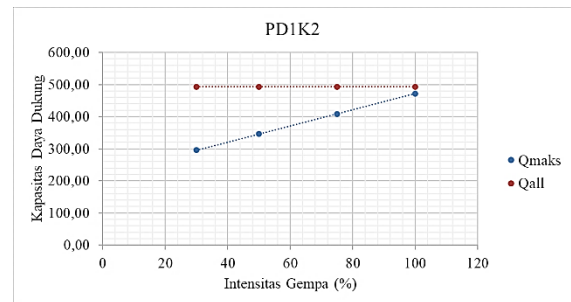
J. Intensitas Gempa Terhadap Struktur Pondasi

Berdasarkan data hasil analisis yang telah disajikan dalam Tabel 9, dibuat grafik untuk menggambarkan hubungan antara kapasitas daya dukung maksimum (Q_{maks}) dan kapasitas daya dukung izin (Q_{all}) terhadap variasi intensitas gempa yang ditinjau, yaitu 100%, 75%, 50%, dan 30%. Grafik ini disusun untuk memberikan visualisasi yang lebih jelas mengenai kemampuan pondasi dalam menahan beban struktur pada masing-masing skenario gempa yang direncanakan, sehingga mempermudah evaluasi kelayakan pondasi serta memastikan bahwa desain struktur tetap aman dan sesuai dengan persyaratan perencanaan yang berlaku. Selain itu, grafik ini juga memungkinkan identifikasi elemen pondasi yang mendekati batas kapasitasnya, sehingga langkah-langkah mitigasi dapat dipertimbangkan bila diperlukan.

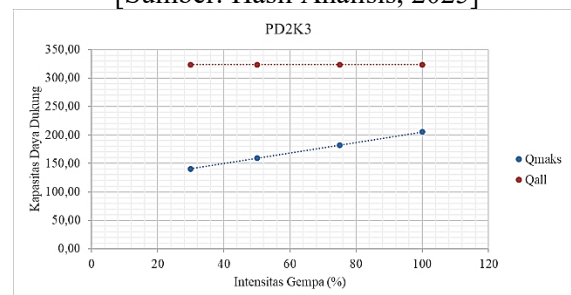
Selanjutnya, pada grafik yang ditampilkan di Gambar 6 hingga Gambar 9, terlihat bahwa nilai Q_{maks} pada seluruh tipe pondasi selalu berada di bawah nilai Q_{all} untuk setiap tingkat intensitas gempa yang dianalisa. Hal ini mengindikasikan bahwa kapasitas pondasi mampu menahan beban struktur yang bekerja tanpa melampaui batas izin, sehingga pondasi berfungsi sesuai dengan perencanaan dan mendukung stabilitas keseluruhan bangunan. Dengan demikian, pondasi yang direncanakan dapat dinyatakan layak menampung beban yang bekerja, dan tidak diperlukan perkuatan tambahan pada struktur, sehingga keamanan dan kinerja struktur tetap terjaga dalam berbagai kondisi gempa yang diperkirakan terjadi.



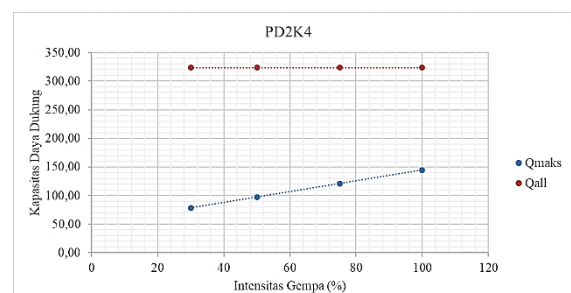
Gambar 6. Grafik Hubungan Intensitas Gempa dan Daya Dukung Pondasi *Strauss* PD1K1
[Sumber: Hasil Analisis, 2025]



Gambar 7. Grafik Hubungan Intensitas Gempa dan Daya Dukung Pondasi *Strauss* PD1K2
[Sumber: Hasil Analisis, 2025]



Gambar 8. Grafik Hubungan Intensitas Gempa dan Daya Dukung Pondasi *Strauss* PD2K3
[Sumber: Hasil Analisis, 2025]



Gambar 9. Grafik Hubungan Intensitas Gempa dan Daya Dukung Pondasi *Strauss* PD2K4
[Sumber: Hasil Analisis, 2025]

K. Analisa Desain Struktur

Berdasarkan hasil desain struktur pada salah satu frame, terlihat bahwa sebagian besar kolom berwarna oranye, menandakan bahwa elemen-elemen tersebut hampir mencapai batas kapasitas desain, yaitu 1, sehingga perlu mendapatkan perhatian khusus dalam perencanaan agar tetap aman terhadap beban kerja yang bekerja. Sementara itu, balok ditampilkan berwarna abu-abu, yang menunjukkan bahwa kapasitasnya masih berada di bawah batas desain yang diizinkan, menandakan bahwa elemen-elemen tersebut

aman, sehingga kontribusinya terhadap stabilitas keseluruhan struktur tetap terjaga.



Gambar 10. Analisa Desain Struktur
[Sumber: Hasil Analisis, 2025]

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data penelitian dan pembahasan yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kapasitas daya dukung ultimate kelompok ($Q_{all}(g)$) pada setiap tipe pondasi menunjukkan bahwa pondasi tipe PD1K1 dan PD1K2 masing-masing mampu menahan beban hingga 493,36 kN, sedangkan pondasi tipe PD2K3 dan PD2K4 mampu menahan hingga 323,52 kN, yang menunjukkan bahwa semua pondasi dapat menampung beban struktur bangunan dengan aman.
2. Analisa kelayakan kapasitas daya dukung pondasi pada intensitas gempa maksimum menunjukkan bahwa untuk pondasi tipe PD1K1, $Q_{maks} = 468,27 \text{ kN} < Q_{all} = 493,36 \text{ kN}$; untuk pondasi tipe PD1K2, $Q_{maks} = 471,73 \text{ kN} < Q_{all} = 493,36 \text{ kN}$; untuk pondasi tipe PD2K3, $Q_{maks} = 205,19 \text{ kN} < Q_{all} = 323,52 \text{ kN}$; dan untuk pondasi tipe PD2K4, $Q_{maks} = 144,67 \text{ kN} < Q_{all} = 323,52 \text{ kN}$. Berdasarkan

perbandingan ini, seluruh pondasi dinyatakan layak menampung beban struktur dan intensitas maksimum yang bekerja pada gedung ruang operasi/OK Hybrid RSUD Dr. Haryoto.

3. Hasil analisa intensitas gempa pada kekuatan 100%, 75%, 50% dan 30% menunjukkan bahwa semua tipe pondasi pada gedung ruang operasi/OK Hybrid RSUD Dr. Haryoto mampu menahan beban akibat gempa hingga intensitas maksimum yang terjadi pada bangunan struktur.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis menyarankan kepada peneliti selanjutnya untuk melakukan studi lebih mendalam mengenai fitur *Foundation Design* pada perangkat lunak SAP2000. Fitur ini dapat mempercepat proses perencanaan pondasi dibandingkan dengan metode penggambaran manual, khususnya pada struktur bangunan yang kompleks seperti yang telah dikaji dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, E., & Dhiniati, F. (2023). Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Teori Terzaghi dan Mayerhof. *Konstruksia*, 15(1), 127. <https://doi.org/10.24853/jk.15.1.127-136>
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik. *Standar Nasional Indonesia*, 8460, 1–323.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional*.
- Cahyani, I. D., Priyono, I. P., & Dewi, I. C. (2020). *STUDI KUAT PONDASI EKSISTING GEDUNG KULIAH JURUSAN TEKNIK MESIN POLITEKNIK NEGERI MALANG DENGAN MEMPERHITUNGKAN KUAT KAPASITAS KOLOM YANG TERPASANG*.
- Das, B. M., & Sivakugan, N. (2018). *Principles of foundation engineering*. Cengage learning.
- Hardiyatmo, H. C. (1996). Teknik Pondasi 1. In *Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*.
- Hasibuan, S. A. R. S., Azmi, F., & Anisa, Y. (2022). Studi Perbandingan Analisis Struktur Balok Menggunakan Aplikasi Berbasis Android dan SAP2000. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 6(1), 23–33.
- Kurnain, A., Effendi, I., Bagio, T. H., & Rakhmat, A. D. (2025). Analisis Perencanaan Pondasi Bore Pile dan Tiang Pancang Beton Gedung Riau Town Square, Pekanbaru: Tinjauan Stabilitas dan Dampak Lingkungan. *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 5(1), 56–66.
- Mahmudi, A. (2023). Analisis Hasil Pengujian Sondir Untuk Mengetahui Kapasitas Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dan Bore Pile Terhadap Variasi Dimensi Di Lokasi Ubhara Surabaya. *Inter Tech*, 1(1), 43–51.
- Muhshin, M. M., & Ika Putra, A. (2021). Pemetaan Penurunan Elastis Fondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir Kota Pekanbaru. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 6(1), 34. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v6i1.53689>
- Nasional, B. S. (2013). SNI 1727: 2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional*.
- Nasional, B. S. (2019). SNI 2847: 2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional*, 694.
- Putra, K. P., Alihudien, A., & Priyono, P. (2022). Studi Review Desain Struktur Atas Poltekkes Kemenkes Malang dengan Konstruksi Baja Berbasis Kapasitas Dukung Pondasi Bangunan Eksisting. *Jurnal Smart Teknologi*, 4(1), 115–125.
- Ritonga, L. (2023). *Perhitungan Struktur Dengan Menggunakan SAP 2000 Pada Proyek Pembangunan Klinik Building Medan*. Universitas Medan Area.
- Satiti, L. R., Poernomo, Y. C. S., Winarto, S., & Cahyono, A. D. (2021). Meningkatkan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Gedung Baru Rumah Sakit Baptis Kediri Menggunakan Metode Mayerhoff. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 4(2), 129–143.
- Schodek, D. L., Subagdja, D., & Suryatmono, B. (1999). *Struktur*. Erlangga.
- Sulistianto, D., & Rus, T. Y. (2024). Analisis Daya Dukung Pondasi dan Perencanaan Konstruksi di Gudang Bahan Peledak, Samboja, Kutai Kartanegara. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 10(2), 91–100.
- Vooturi, R. B., & Kadali, S. (2024). Bearing capacity analysis of cohesive-frictional soil as filling material over soft soil. *Journal of Physics: Conference Series*, 2779(1), 12061.
- Zhang, Y. (2024). Seismic Performance Analysis of RC Frame Structure Beam–Column Joints Based on Strong Column and Weak Beam Method. *Buildings*, 14(10), 3267.