

# Evaluasi Penggunaan Fondasi *Bore Pile* Pada Bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia Bengkulu Tengah

Reko Sopiyanto\*<sup>1</sup>, Yudhia Pratidina Pestalozzi<sup>2</sup>, Edito Dwi Antoro<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu  
Jl. Jendral Ahmad Yani No1 Bengkulu-38115  
e-mail: \*Sopiyantoreko@gmail.com

Received 26 April 2022; Reviewed 27 July 2022; Accepted 23 February 2023  
Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>  
Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2558>

## Abstract

*Based on data from the Bengkulu Province Bappeda, there were 3,341 buildings that collapsed due to failure of the lower structure (foundation). In the Service Building of Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia, the foundation used can be considered inefficient. The reason is because the number of foundations is the same at each point even though each point has a different load and floor height. This study aims to evaluate the bearing capacity and the need for bore pile foundations in the Service Building of Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia using quantitative methods. Based on the calculation of the ultimate bearing capacity ( $Q_u$ ) and allowable bearing capacity ( $Q_{izin}$ ) of the foundation, obtained ( $Q_u$ ) 208,992 tons, ( $Q_{izin}$ ) 65, 234 tons (Mayerhoof Method) and ( $Q_u$ ) 208,992 tons, ( $Q_{izin}$ ) 62,775 tons (Method Guy Sanglerat). The evaluation of the need for foundation piles using the Mayerhof method is the largest at the point of foundation one (P1) 3 foundation piles and the smallest is at the point of foundation five (P5) 1 pile foundation. Based on Guy Sanglerat's method, the largest foundation needs are at foundation points one and two (P1 and P2) 3 foundation piles, the smallest at the foundation point five (P5) 1 foundation pile.*

**Keywords:** Soil Bearing Capacity, Loading, Foundation, Bore Pile, Evaluation

## Abstrak

Berdasarkan data Bappeda Provinsi Bengkulu bangunan yang roboh akibat kegagalan struktur bawah (fondasi) berjumlah 3.341. Pada bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia, fondasi yang digunakan dapat dianggap tidak efisien. Hal ini diakibatkan karena jumlah fondasi yang sama di setiap titiknya sedangkan pembebanan dan tinggi lantai berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi daya dukung dan kebutuhan fondasi *bore pile* pada bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia dengan menggunakan metode kuantitatif. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung ultimit ( $Q_u$ ) dan daya dukung izin ( $Q_{izin}$ ) fondasi, didapatkan ( $Q_u$ ) 208,992 ton, ( $Q_{izin}$ ) 65, 234 ton (Metode Mayerhoof) dan ( $Q_u$ ) 208,992 ton, ( $Q_{izin}$ ) 62,775 ton (Metode Guy Sanglerat). Evaluasi kebutuhan tiang fondasi menggunakan metode Mayerhof yang paling besar berada dititik fondasi satu (P1) 3 tiang fondasi dan paling kecil berada di titik fondasi lima (P5) 1 tiang fondasi. Berdasarkan metode Guy Sanglerat kebutuhan fondasi paling besar berada di titik fondasi satu dan dua (P1 dan P2) 3 tiang fondasi, paling kecil dititik fondasi lima (P5) 1 tiang fondasi.

**Kata Kunci:** Daya Dukung Tanah, Pembebanan, Fondasi, Kapasitas *Bore Pile*, Evaluasi.

## 1. Pendahuluan

Bangunan gedung merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia karena bangunan gedung dijadikan fasilitas oleh manusia itu sendiri untuk berbagai hal mulai dari tempat tinggal, perkantoran dan masih banyak lagi. Maka dari itu bangunan harus didesain kuat supaya kegagalan bangunan dapat diminimalisir. Berdasarkan data Bappeda Provinsi Bengkulu bangunan yang roboh berjumlah 3.341 yang diakibatkan kegagalan struktur. Salah satu penyebab bangunan roboh adalah kegagalan struktur bawah atau fondasi.

Fondasi adalah struktur bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan gedung yang berfungsi menyalurkan beban vertikal di atasnya (kolom) maupun beban horizontal ke tanah (Pamungkas dan Harianti, 2013). Menurut Hardiyatmo (2002), secara garis besar fondasi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Berdasarkan pendapat Yusti (2014), fondasi dangkal adalah fondasi yang tidak membutuhkan galian tanah terlalu dalam karena lapisan tanah dangkal sudah cukup keras, apalagi bangunan yang akan dibangun hanya rumah sederhana. Sedangkan fondasi dalam merupakan fondasi yang membutuhkan pengeboran atau pemancangan dalam karena lapisan tanah yang keras berada di kedalaman cukup dalam, biasanya digunakan oleh bangunan besar, jembatan, struktur lepas pantai, dan sebagainya (Pamungkas dan Harianti, 2013).

Bangunan yang dievaluasi oleh peneliti ini merupakan bangunan yang menggunakan salah satu jenis fondasi dalam, yaitu fondasi *bore pile*. Fondasi *bore pile* adalah suatu pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor (Jusi, 2015). *Bore pile* dipakai apabila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 m serta keadaan sekitar tanah bangunan sudah banyak berdiri bangunan-bangunan besar seperti gedung-gedung bertingkat sehingga dikhawatirkan dapat menimbulkan retak-retak pada bangunan yang sudah ada akibat getaran yang ditimbulkan oleh kegiatan pemancangan apabila dipakai pondasi tiang pancang. Kelebihan fondasi *bore pile* adalah dapat mengurangi getaran pada saat pemasangan dan pengerjaannya juga tidak menimbulkan kebisingan suara (Wesley, 1977).

Dalam merencanakan fondasi selain harus kuat dalam memikul beban struktur yang di atasnya, fondasi juga harus didesain efisien dalam penggunaannya agar besarnya dana pembangunan dapat diminimalisir. Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang stuktur bangunan. Untuk itu, dalam merancang struktur perlu mengidentifikasi beban-beban yang bekerja pada sistem struktur. Beban-beban yang bekerja pada suatu struktur ditimbulkan secara langsung oleh gaya-gaya alamiah dan buatan manusia (Schueller, 2001).

Hal inilah yang terjadi pada bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia Bengkulu Tengah dimana fondasi *bore pile* yang digunakan berjumlah empat tiang fondasi di setiap titiknya, sedangkan tingi lantai dan beban yang diterima berbeda. Sehubungan dengan hal ini, peneliti mengkonsentrasikan penelitian ini kepada pengevaluasian gedung ini dengan cara mengidentifikasi beban-beban yang bekerja pada struktur baik itu struktur atas (*upper-structure*) maupun struktur bawah (*sub-structure*) dan mengidentifikasi daya dukung tanah yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia 1726:2019 dan Standar Nasional Indonesia 1726:2020. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kebutuhan fondasi *bore pile* pada bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia Bengkulu Tengah

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Penelitian ini bersifat evaluasi yang didasarkan pada perolehan data hitungan fondasi yang didapatkan dari penelitian pada data primer dan data sekunder.

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Desa Renah Lebar Kecamatan Karang Tinggi Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu pada bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia. Alasan peneliti memilih gedung pelayanan tersebut sebagai objek penelitian adalah karena bangunan tersebut tidak efisien dalam menggunakan fondasi *bore pile*. Hal ini dapat dibuktikan dari jumlah tiang fondasi *bore pile* yang sama disetiap titiknya sedangkan pembebanan yang diterima berbeda. Jumlah sampel fondasi *bore pile* yang diambil oleh peneliti dari lokasi sebanyak 6 titik fondasi yang paling kritis.

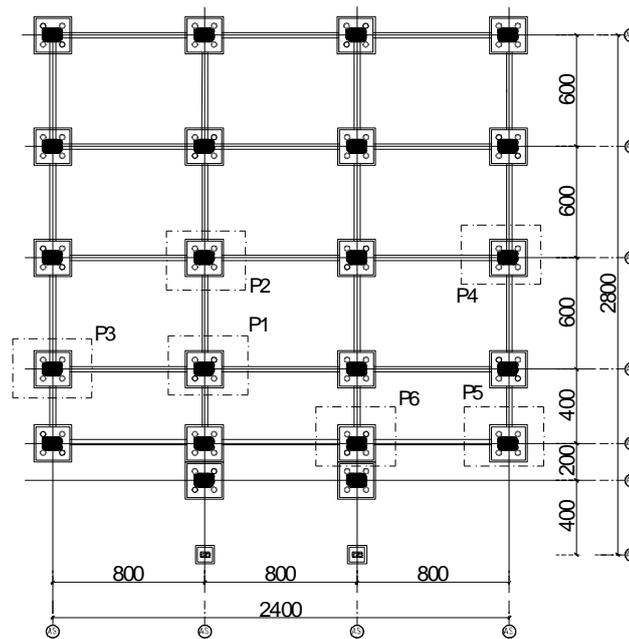


**Gambar 1. Lokasi Penelitian**

Sumber: Google Maps 2022

### 2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 6 variabel, yaitu; fondasi satu (P1) mempunyai kolom interior dengan pembebanan yang paling kritis karena keempat sisi mempunyai beban. Fondasi dua (P2) mempunyai kolom semi interior dengan pembebanan hampir sama dengan fondasi satu (P1), yaitu mempunyai pembebanan empat sisi dilantai satu dan dua sedangkan di lantai tiga hanya dua sisi. Fondasi tiga (P3) mempunyai kolom tepi tanpa kantilever dengan pembebanan dua sisi. Fondasi empat (P4) mempunyai kolom tepi tanpa kantilever dengan pembebanan hampir sama dengan fondasi tiga yang membedakan di lantai tiga mempunyai pembebanan satu sisi. Fondasi lima (P5) mempunyai kolom sudut tanpa kantilever dengan pembebanan satu sisi dan fondasi enam (P6) mempunyai kolom eksterior dengan pembebanan tiga sisi. Setiap variabel mempunyai kondisi pembebanan yang berbeda-beda yang akan dilihat pengaruhnya terhadap kebutuhan fondasi di setiap titiknya pada bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia.



Gambar 2. Titik Fondasi yang Ditinjau

## 2.3 Pengambilan dan Pengumpulan Data

### 2.3.1 Metode Pengumpulan Data

#### 1. Metode Observasi

Data yang berhubungan dengan data gedung dan fondasi tiang *bore pile* diperoleh langsung dari lokasi proyek pembangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia Bengkulu Tengah

#### 2. Pengambilan Data

Data diperoleh dari CV. Archdecons selaku konsultan perencana, ada pun data yang diambil meliputi:

- Gambar lengkap (*Site Plan*, denah, tampak, potongan dan detail).
- Denah Fondasi, detail fondasi lengkap dengan ukurannya.
- Data penyelidikan tanah (data sondir)

### 2.3.2 Sumber Data

#### 1. Data Primer

Data yang diperoleh langsung dari lapangan untuk dijadikan data dasar maupun dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil pengukuran eksisting dan wawancara kepada pihak *owner*, kontraktor, konsultan perencana dan konsultan pengawas.

#### 2. Data Sekunder

Data yang diperoleh peneliti berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek seperti deskripsi bangunan, desain bangunan, penelitian terdahulu dan data-data lainnya.

## 2.4 Cara Analisis Data

Data diolah setelah data-data terkumpul, data yang didapat langsung dari lapangan dan dihitung dengan berpedoman pada ketentuan standar yang berlaku. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan fondasi *bore pile*.

Perhitungan beban *upper-structure* (beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban gempa dan beban angin) dan *sub-structure* pada bangunan gedung mengacu pada Standar Nasional Indonesia 1727:2020 tentang desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung sedangkan beban gempa mengacu pada Standar Nasional Indonesia 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung. Beban tersebut di hitung menggunakan aplikasi *Sap 2000 V14* dan manual dengan cara memodelkan bentuk bangunan terlebih dahulu selanjutnya mendefinisikan material dan pembebanan pada bangunan kemudian melakukan *run analysis*.

Sedangkan untuk menganalisis daya dukung ultimit tiang, daya dukung izin fondasi dan jumlah tiang *bore pile* peneliti menggunakan metode Mayerhoff dan Guy Sanglerat.

### 2.4.1 Metode Mayerhoff

Daya dukung ultimit fondasi tiang menggunakan metode ini dinyatakan dengan persamaan,

$$Q_u = (q_c \times A_p) + (JHL \times K11) \quad (1)$$

Keterangan

- $Q_u$  = Kapasitas daya dukung ultimit tiang
- $q_c$  = Tahanan ujung sondir
- $A_p$  = Luas penampang tiang
- JHL = Jumlah hambatan lekat
- K11 = Keliling tiang

Daya dukung izin fondasi dinyatakan dengan persamaan

$$Q_{izin} = \frac{q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot K11}{5} \quad (2)$$

Keterangan:

- $Q_{izin}$  = Daya dukung izin fondasi
- $q_c$  = Tahanan ujung sondir
- $A_p$  = Luas penampang tiang
- JHL = Jumlah hambatan lekat
- K11 = Keliling tiang

### 3.4.2. Metode Guy Sanglerat

Menghitung daya dukung ultimit tekan tiang metode Guy Sanglerat dinyatakan dalam rumus:

$$Q_u = q_c x A_p + T_f x A_{st} \quad (3)$$

- $Q_u$  = Daya dukung ultimit tekan tiang  
 $q_c$  = Tahanan ujung konus sondir  
 $A_p$  = Luas penampang tiang  
 $T_f$  = Total friksi/jumlah hambatan pelekot  
 $A_{st}$  = Keliling penampang tiang

Daya dukung izin tekan tiang dihitung menggunakan persamaan,

$$Q_a = \frac{q_c \cdot A_p}{FK1} + \frac{T_f \cdot A_{st}}{FK2} \quad (4)$$

Keterangan:

- $Q_a$  = Daya dukung izin tekan tiang  
 $q_c$  = Tahanan ujung konus sondir  
 $A_p$  = Luas penampang tiang  
 $T_f$  = Total friksi/jumlah hambatan pelekot  
 $A_{st}$  = Keliling penampang tiang  
 $FK1$  = Faktor keamanan 3  
 $FK2$  = Faktor keamanan 5

Sedangkan daya dukung izin fondasi dihitung dengan persamaan,

$$Q_{izin} = Q_a - W \quad (5)$$

Keterangan:

- $Q_{izin}$  = Daya dukung izin fondasi  
 $Q_a$  = Daya dukung izin tekan tiang  
 $W$  = Berat sendiri tiang *bore pile*

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Beban *Upper-Structure*

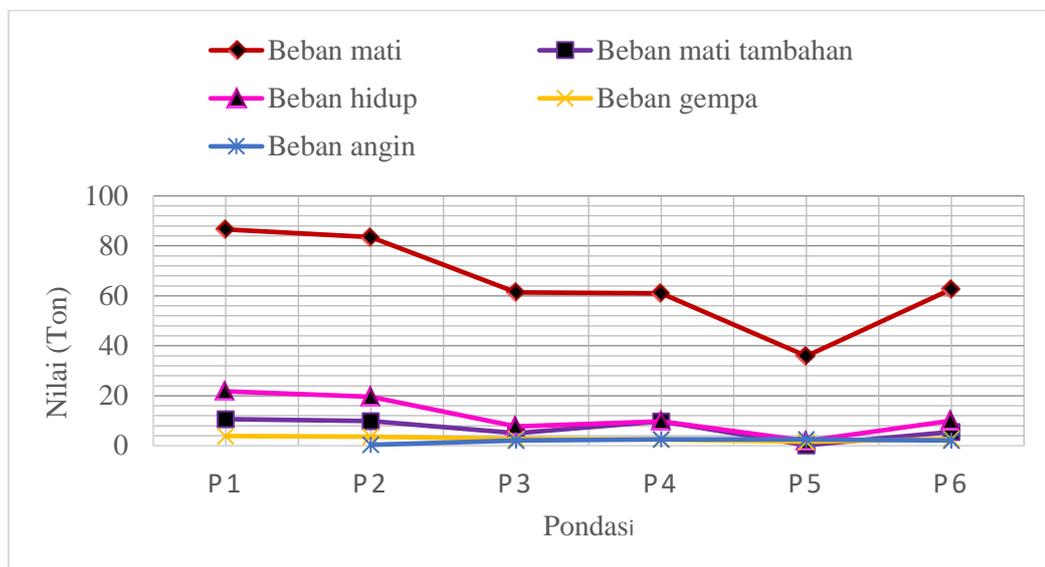
Perhitungan pembebanan mengacu pada Standar Nasional Indonesia tahun 2020 (SNI 1727:2020) dan beban gempa mengacu pada Standar Nasional Indonesia tahun 2019 (SNI 1726:2019). Beban yang dihitung adalah beban *upper-structure*, beban *upper-structure* terdiri dari beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban gempa dan beban angin. Hasil perhitungan pembebanan *upper-structure* dapat dilihat pada Tabel 1, pembebanan *upper-structure* dapat dihitung terlebih dahulu dengan cara mencari berat beban lantai satu sampai lantai tiga, setelah berat beban tiap lantai didapatkan selanjutnya beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban gempa dan beban angin dijumlahkan sehingga beban *upper-Structure* disetiap titik fondasi didapatkan. Dari perhitungan tersebut beban *upper-structure* paling besar berada di titik fondasi satu (P1) 122,873 ton sedangkan beban *upper-structure* paling kecil berada di titik fondasi lima (P5) 42,166 ton. Hal ini menunjukkan

bahwa besaran beban yang bekerja pada tiap titik fondasi dipengaruhi oleh luasan tributari area dan letak kolom.

**Tabel 1. Beban *Upper-structure***

Jenis Beban	Titik Fondasi yang Ditinjau					
	P1 (Ton)	P2 (Ton)	P3 (Ton)	P4 (Ton)	P5 (Ton)	P6 (Ton)
Beban mati	86,587	83,471	61,324	60,995	35,896	62,603
Beban mati tambahan	10,645	9,901	5,067	5,019	0,204	5,519
Beban hidup	21,763	19,584	7,680	9,792	1,92	9,988
Beban gempa	3,878	3,590	2,685	2,518	1,598	2,694
Beban angin	-	0,366	2,116	2,548	2,548	2,124
Total	122,873	116,913	78,872	80,872	42,166	82,927

Untuk mengetahui hasil perbandingan pembebanan *upper-structure* dapat dilihat pada Grafik di bawah ini.



**Gambar 3. Grafik Perbandingan Beban *Upper-Structure***

Gambar 3, menunjukkan bahwa fondasi yang memikul beban paling besar adalah fondasi satu (P1) hal ini akan berpengaruh terhadap kebutuhan fondasi, semakin besar beban yang dihasilkan akan semakin besar pula kebutuhan fondasinya.

### 3.2 Beban *Sub-Structure*

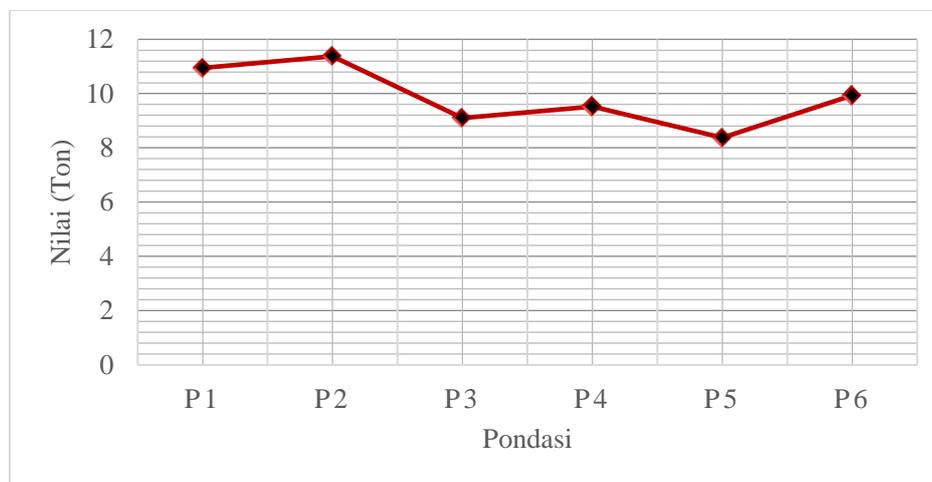
Beban *Sub-Structure* adalah beban yang berada dibawah seperti *pile cap*, leheran *pile cap* dan sloof. Untuk mendapatkan beban *sub-structure*, berat sloof, leheran *pile* dan *pile cap* harus dihitung terlebih dahulu baru dijumlahkan. Besaran beban *sub-structure* dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Hasil perhitungan beban *sub-structure* pada Tabel 2, hasil menunjukkan bahwa beban yang paling besar berada dititik fondasi dua (P2) 11,376 ton sedangkan beban yang paling kecil berada di titik fondasi lima (P5) 8,376 ton

**Tabel 2. Beban Sub-Structure**

Titik fondasi	Total beban (Ton)
P1	10,944
P2	11,376
P3	9,096
P4	9,528
P5	8,376
P6	9,936

Besaran beban yang bekerja pada *Sub-Structure* di pengaruhi oleh besarnya dimensi *pile cap*, leheran *pile cap*, sloof dan jarak antar *grid* seperti yang terlihat pada Gambar 2. Perbandingan beban *sub-structure* dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

**Gambar 4. Grafik Perbandingan Beban Sub-Structure**

### 3.3 Beban Terpusat (P)

Pembebanan *upper-structure* dan *sub-structure* memiliki keterkaitan dalam menghasilkan besaran beban terpusat yang bekerja pada suatu struktur dengan cara menjumlahkan pembebanan *upper-structure* dan *sub-structure*. Tabel 3 menunjukkan bahwa fondasi satu (P1) memiliki beban yang paling besar 133,873 ton sedang beban paling kecil berada di fondasi lima (P5) 50,542 ton. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban terpusat yang dihasilkan maka semakin besar kebutuhan fondasinya. Besaran beban terpusat dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3. Beban Terpusat (P)**

Titik fondasi	Beban <i>upper-structure</i> (Ton)	Beban <i>sub-structure</i> (Ton)	Total beban (P) (Ton)
P1	122,873	10,944	133,873
P2	116,913	11,376	128,289
P3	78,872	9,096	87,968
P4	80,872	9,528	90,400
P5	42,166	8,376	50,542
P6	82,927	9,936	92,863

### 3.4 Daya Dukung Fondasi

Berdasarkan hasil sondir, tanah keras berada pada kedalaman 8 meter dengan nilai konus ( $q_c$ ) 13720 Kn dengan hambatan lekat 251,32 Kn. Diameter tiang fondasi 40 cm dengan panjang 8 meter daya dukung ultimit dan daya dukung fondasi izin fondasi dihitung menggunakan metode Meyerhoff dan Guy Sanglerat. Untuk hasil daya dukung ultimit dan daya dukung izin fondasi dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Daya Dukung Ultimit dan Daya Dukung Izin Fondasi *Bore Pile***

Metode	Qu (Ton)	Qizin (ton)
Metode Meyerhoff	208,992	65,234
Metode Guy Sanglerat	208,992	62,775

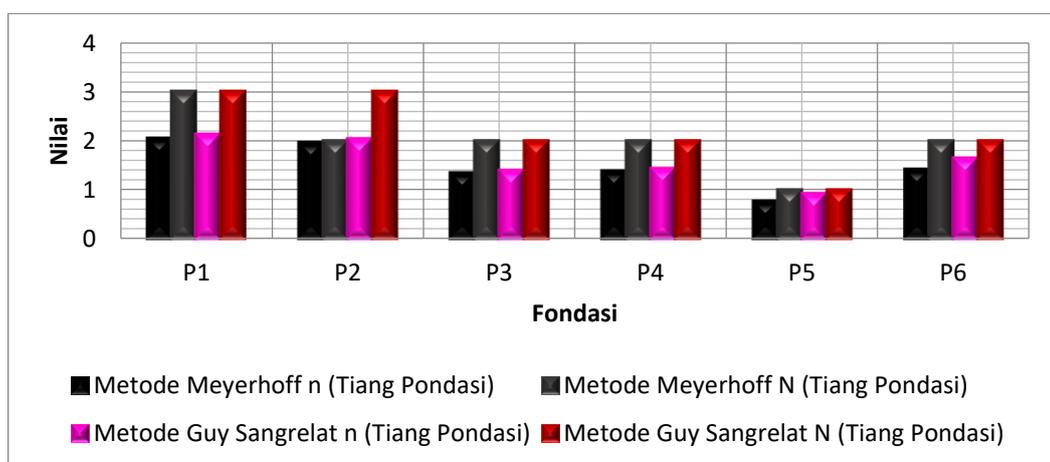
### 3.5 Evaluasi Kebutuhan Fondasi

Hasil kebutuhan tiang fondasi *bore pile* dengan menggunakan metode Meyerhoff dan Guy Sanglerat adalah sebagai berikut:

**Tabel 5. Kebutuhan Tiang Fondasi *Bore Pile***

Titik fondasi	Metode Meyerhoff		Metode Guy Sanglerat	
	n (Tiang Fondasi)	N (Tiang Fondasi)	n (Tiang Fondasi)	N (Tiang Fondasi)
P1	2,051	3	2,131	3
P2	1,966	2	2,043	3
P3	1,349	2	1,401	2
P4	1,386	2	1,440	2
P5	0,775	1	0,931	1
P6	1,423	2	1,650	2

Dari Tabel 5, perhitungan kebutuhan tiang fondasi *bore pile* baru dapat dilakukan setelah beban terpusat dan daya dukung izin fondasi didapatkan karena dua hal tersebut memiliki keterkaitan data satu sama lain. Untuk perbandingan jumlah kebutuhan tiang fondasi *bore pile* dapat dilihat pada diagram di bawah ini.



**Gambar 5. Diagram Perbandingan Jumlah Kebutuhan Tiang Fondasi**

Berdasarkan Gambar 5, diagram perbandingan jumlah kebutuhan tiang fondasi dengan menggunakan metode Mayerhoff dimana (n) adalah nilai kebutuhan fondasi sebelum pembulatan sedangkan (N) adalah nilai kebutuhan fondasi setelah mengalami pembulatan, maka jumlah kebutuhan fondasi (P1) 3 tiang fondasi, (P2) 2 tiang fondasi, (P3) 2 tiang fondasi, (P4) 2 tiang fondasi, (P5) 1 tiang fondasi dan (P6) 2 tiang fondasi, sedangkan metode Guy Sangrelat kebutuhan fondasinya adalah (P1) 3 tiang fondasi, (P2) 3 tiang fondasi, (P3) 2 tiang fondasi, (P4) 2 tiang fondasi, (P5) 1 tiang fondasi dan (P6) 2 tiang fondasi.

#### 4. Kesimpulan

Hasil perhitungan daya dukung ultimit ( $Q_u$ ) menggunakan metode mayerhoff dan Guy Sanglerat menunjukkan hasil yang sama yaitu 208,992 ton. Untuk daya dukung izin ( $Q_{izin}$ ) fondasi terdapat perbedaan, Metode mayerhoff 65, 234 ton sedangkan Metode Guy Sanglerat 62,775 ton. Untuk kebutuhan jumlah tiang fondasi *bore pile* menggunakan metode mayerhoff paling besar berada di titik fondasi satu (P1) 3 tiang fondasi dan paling kecil berada di titik fondasi lima (P5) 1 tiang fondasi sedangkan metode Guy Sanglerat kebutuhan fondasi paling besar berada di titik fondasi satu dan dua (P1 dan P2) 3 tiang fondasi dan yang paling kecil di titik fondasi lima (P5) 1 tiang fondasi. Dari perhitungan fondasi *bore pile* diatas disimpulkan bahwa metode Mayerhof lebih hemat daripada metode Guy Sanglerat. Namun jika ditinjau dari segi keamanan metode Guy Sanglerat dapat dianggap lebih aman daripada metode Mayerhof. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan fondasi *bore pile* menggunakan metode Mayerhof dan Guy Sanglerat dapat disimpulkan bahwa penggunaan fondasi *bore pile* pada bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia Bengkulu Tengah dapat dianggap tidak efisien karena fondasi yang digunakan pada bangunan ini berjumlah 4 tiang di setiap titiknya.

#### Daftar Pustaka

- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Teknik Pondasi I, Edisi Pertama*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Jusi, U. (2015). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile. *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, Vol. 1, No. 2, pp. 50 – 82
- Mayerhof, G.G. (1965). "Shallow Foundations." *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers* Vol. 91, No. SM2: 21-32.
- Pamungkas, Anugrah, dan Erny Harianti. (2013). *Desain Fondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: Andi Offset
- Sanglerat, Guy. (1989). *Mekanika Tanah dan Teknik Fondasi*. Penerbit Erlangga: Jakarta
- Schueller, Wolfgang. (2001). *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: Refika Aditama
- SNI 1726-2019. (2019). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*.
- SNI 1727. (2020). *Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Badan Standarisasi Nasional 1727:2020, 8, 1–336.
- Wesley, L. D. (1977). *Mekanika Tanah (cetakan ke I)*. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Yusti, Andi, & Ferra Fahriani. (2018). Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan Capwap. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 2(1), 19-31. <https://doi.org/10.33019/fropil.v2i1.266>.