

## Analisis Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang dengan Berbagai Metode

Xbal Meiprastyo<sup>1</sup>, Ronni IS Rono Hadinagoro<sup>1</sup>, Prima Sukma Yuana<sup>1</sup>, dan Ragil Rajvikhal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

[xbal.meiprastyo@lecture.unjani.ac.id](mailto:xbal.meiprastyo@lecture.unjani.ac.id), [ronohadinagoro@gmail.com](mailto:ronohadinagoro@gmail.com),

[prima.sukma@lecture.unjani.ac.id](mailto:prima.sukma@lecture.unjani.ac.id), [ragilrajvikhal99@gmail.com](mailto:ragilrajvikhal99@gmail.com)

### Abstrak

Jembatan adalah prasarana utama yang menghubungkan dua bagian yang terputus akibat suatu rintangan yang tidak dapat dibangun jalur secara konvensional. Untuk memperlancar dan memudahkan transportasi darat dibutuhkan jembatan guna menghubungkan wilayah satu ke wilayah berikutnya. Fondasi menjadi salah satu bagian konstruksi bangunan gedung yang bertugas menempatkan bangunan dan memindahkan beban terdistribusi dari bangunan atas ke lapisan tanah bawah yang cukup kuat untuk menopangnya tanpa menimbulkan penurunan diferensial pada sistem struktur. Pada lokasi proyek ini dipilih jenis jembatan gantung dengan menggunakan fondasi tiang pancang Strauss. Tujuan dari pekerjaan ini adalah menganalisis daya dukung dan penurunan fondasi berdasarkan data standar uji penetrasi (SPT), uji laboratorium dan sondir/*Cone Penetration Test* (CPT). Pada penelitian ini kedalaman dan diameter yang digunakan sama yang membedakan hanya pada penggunaan metode nya. Berdasarkan hasil analisis didapat nilai daya dukung tanah menggunakan data N-SPT sebesar 2021,72 kN sedangkan nilai daya dukung izin menggunakan data Laboratorium dan Sondir masing-masing didapat nilai sebesar 1108,98 kN dan 804,71 kN.

Kata kunci: Jembatan, Fondasi, Daya Dukung.

### Abstract

A bridge is the main infrastructure that connects two parts that are cut off due to an obstacle that cannot be built conventionally. To expedite and facilitate land transportation, bridges are needed to connect one region to the next. The foundation is one part of building construction which functions to place the building and transmit the load distributed from the upper structure to the foundation soil which is strong enough to support it without differential settlement occurring in the structural system. At this project location, a type of suspension bridge was chosen using a Strauss pile foundation. The aim of this research is to analyze the bearing capacity and settlement of foundations based on Standard Penetration Test (SPT) data, laboratory tests and sondir/*Cone Penetration Test* (CPT). In this study, the depth and diameter used are the same, the only difference is the method used. Based on the analysis results, the bearing capacity value using N-SPT data was 2021.72 kN, while the permit carrying capacity value using Laboratory and Sondir data was 1108.98 kN and 804.71 kN respectively.

Keywords: Bridge, Foundation, Bearing Capacity

### 1. Pendahuluan

Jembatan merupakan infrastruktur utama yang menghubungkan dua bagian yang dipisahkan oleh rintangan yang tidak dapat dibangun dengan metode tradisional (Suhendra dkk., 2019). Di Indonesia mempunyai perbandingan kontur yang relatif jauh yang disebabkan terdapatnya lereng ataupun perbukitan pula banyaknya sungai. Maka dari itu untuk memperlancar dan memudahkan transportasi darat dibutuhkan jembatan guna menghubungkan wilayah satu ke wilayah berikutnya. Tujuan utama dari sebuah jembatan adalah untuk menghubungkan dua area yang berbeda. Jembatan tersebut kemudian dapat membawa kemajuan yang berbeda bagi kedua wilayah tersebut dalam bidang transportasi, ekonomi, budaya, dan bidang lainnya (PUPR, 2019).

Aksesibilitas penduduk desa di Indonesia terhadap kegiatan sehari-hari begitu terbatas, terutama di wilayah yang dipisahkan oleh lereng terjal, sungai, hingga perbukitan. Hal tersebut memberi batasan akses masyarakat terhadap informasi, pendidikan, pemasaran pertanian hingga akses terhadap produk/jasa yang diinginkan. Dalam situasi seperti ini, daerah di Indonesia memerlukan jembatan penghubung. Satu diantaranya di Desa Mekar Tanjung, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat.

Di wilayah ini ada sebagian titik aliran sungai yang menimbulkan terganggunya akses darat maupun jalur penghubung, sehingga pemerintah membangun jembatan guna menanggulangi permasalahan tersebut. Agar warga

dapat beraktivitas dengan mudah serta nyaman.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai daya dukung fondasi berdasarkan hasil perhitungan menggunakan data yang ada. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data N-SPT, Sondir dan Laboratorium.

#### Info Makalah:

Dikirim : 11-22-23;

Revisi 1 : 02-13-24;

Revisi 2 : 03-04-24;

Diterima : 03-18-24.

#### Penulis Korespondensi:

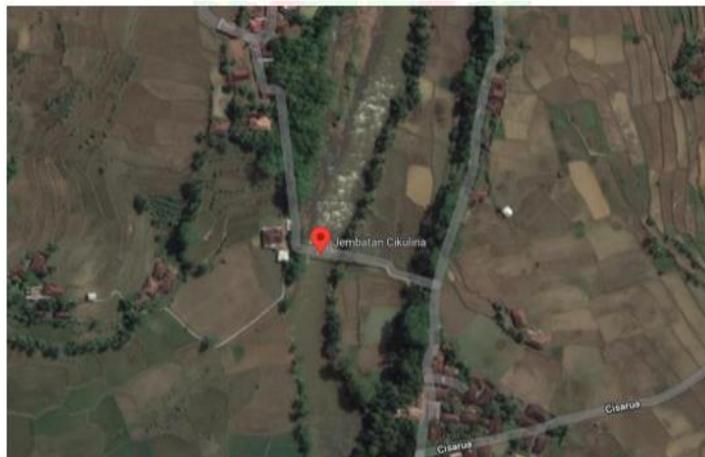
Telp : -

e-mail : [xbal.meiprastyo@lecture.unjani.ac.id](mailto:xbal.meiprastyo@lecture.unjani.ac.id)

Lokasi penelitian di Desa mekar tanjung, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Agar sampai di lokasi bisa memakai transportasi roda 4. Berikut peta lokasi daerah penyelidikan tanah yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi Penelitian.



Gambar 2. Detail Lokasi Penelitian.

## 2. Metode

### 2.1. Jembatan dan Jenis Fondasi Jembatan

Jembatan gantung adalah infrastruktur yang banyak dibangun karena dapat mendukung kegiatan harian dan perekonomian warga. Semua gaya dan beban lalu lintas yang bekerja di jembatan disalurkan melalui sepasang kabel baja yang menopang dua pasang kolom menara serta dua pasang balok jangkar. Fondasi yang direkomendasikan pada pembangunan jembatan gantung dapat menggunakan fondasi tiang bor, fondasi sumuran dan tiang pancang (Setiyarto, 2017).

### 2.2. Kriteria Pembebanan

Dalam penentuan lokasi jembatan bersumber Pedoman Perencanaan dan Penyelenggaraan Jembatan Gantung (Kementerian Pekerjaan Umum, 2021), perlu melakukan pertimbangan lokasi jembatan sesuai aspek teknis dan ekonomi. Selain itu, juga harus mempertimbangkan ketinggian tempat dimana jembatan hendak dibangun. Tahapan seleksi juga mempertimbangkan pemasangan jembatan dan jalan akses secara keseluruhan. Aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan yaitu.

- Rentang sesingkat mungkin dari jembatan.
- Jembatan penyeberangan harus ditempatkan di bagian sungai yang lurus atau pada aliran air daerah aliran sungai yang terjadi erosi.
- Pilih tempat dengan keadaan baik guna menopang jembatan.

Beban di jembatan sudah diatur dalam SNI 1725 tahun 2016. Pada aturan ini, beban-beban yang ada di jembatan meliputi: (SNI 1725, 2016)

- a. Beban Mati Sendiri
- b. Beban Mati Tambahan
- c. Beban Lajur
- d. Beban Angin
- e. Beban Pejalan Kaki
- f. Beban Gempa

### 2.3. Kriteria Daya Dukung

Selanjutnya menghitung daya dukung fondasi dengan uji N-SPT, uji Laboratorium, uji Sondir.

#### a. Daya Dukung Fondasi Uji N-SPT

Kapasitas dukung tiang dihitung berdasarkan hasil tinjauan melalui penyelidikan tanah (*soil investigation*) salah satunya dengan menggunakan *Standard Penetration Test* (SPT) sebelum pelaksanaan pekerjaan. Uji SPT dijalankan dengan cara mendorong tabung belah secara vertikal dan membenturkannya ke dalam tanah pada kedalaman 300 mm. Guna menembus tingkat kedalaman tersebut, dibagi menjadi tiga tahap yang tingginya 150 mm. Tahap pertama dicatat menjadi support, sementara tahap kedua dan ketiga dijumlahkan sehingga diperoleh skor resistansi N-stroke atau SPT (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Selanjutnya, nilai SPT dipakai untuk menghitung analisis daya dukung fondasi dalam. Tujuan dari pengujian SPT yaitu untuk mendapatkan nilai N yang diterjemahkan berdasarkan nilai kerapatan relatif pada lapisan tanah yang dilakukan pengujian dan memperoleh deskripsi mengenai lapisan tanah yang didasarkan pengamatan visual (Sari dkk., 2021).

#### b. Daya Dukung Fondasi Uji Laboratorium

Selain survei tanah lapangan, harus dijalankan survei laboratorium tanah guna menjalankan perhitungan daya dukung tanah, mencakup pengujian mekanis dan fisik tanah (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Tujuan uji fisik ialah guna memahami sifat fisik tanah, dan pengujian mekanis guna mendapatkan skor kohesi tanah dan sudut gesek (Badan Standardisasi Nasional, 2017). Uji fisik tanah meliputi: uji kandungan air, uji berat jenis dan uji berat jenis ( $\gamma$ ). Guna perhitungan daya dukung tiang bor berdasar laboratorium data bisa dijalankan melalui metode US Army Corps. Daya dukung tanah maksimum suatu fondasi menggunakan persamaan (6). Daya Dukung Fondasi Uji Sondir. Tahanan ujung ultimit tiang ( $Q_b$ ) diterangkan oleh persamaan 1.

$$Q_b = A_b \times q_c \quad (1)$$

Meyerhof juga merekomendasikan untuk memakai rumus di atas, dimana nilai  $q_c$  ialah rata-rata tahanan ujung konus (8d di atas alas tiang hingga 4d di bawah alas tiang). Satuan tahanan gesek antara permukaan lantai dan tanah juga dapat diperoleh secara eksperimental dari skor tahanan ujung kerucut oleh (Cristady Hardiyatmo, 2017), diantaranya:

Bagi fondasi kayu dan beton dalam tanah pasir

$$f_s = q_c / 200 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2)$$

Bagi fondasi baja profil H dalam tanah pasir

$$f_s = q_c / 400 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (3)$$

Dimana  $f_s$  ialah tahanan gesek ultimit permukaan tiang per satuan luas dan  $q_c$  ialah tahanan statik rata-rata ujung kerucut (kg/cm<sup>2</sup>) sepanjang fondasi. Tahanan gesek permukaan tiang diterangkan pada persamaan 4

$$Q_s = A_s \times f_s \quad (4)$$

Sehingga kapasitas ultimit ( $Q_u$ ), dilakukan perhitungan Dimana  $f_s$  adalah tahanan gesek ultimit dinding tiang per satuan luas dan  $q_c$  adalah tahanan statik rata-rata ujung kerucut (kg/cm<sup>2</sup>) sepanjang fondasi. Tahanan gesek dinding tiang dinyatakan dengan persamaan 5.

$$Q_u = A_b q_c + A_s f_s \quad (5)$$

Berdasarkan Meyerhoff (1956), besarnya daya dukung fondasi dari skor N hasil uji SPT dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus berikut.

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (6)$$

$$Q_b = 40 \times N_b \times A_b \quad (7)$$

$$Q_s = n \times \left( \frac{N}{\gamma} \right) \times A_s \quad (8)$$

Dengan ketentuan,

$n = 0,2$  untuk koefisien perlawanan gesek tiang pada tanah lempung kepasiran

$n = 0,5$  untuk koefisien perlawanan gesek tiang pada tanah kelanauan

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \quad (9)$$

Dalam riset Meyerhoff (1976) memberikan rumus berikut guna menghitung tahanan ujung tiang.

$$Q_b = A_b \times (38 \underline{N}) \times \left(\frac{L_b}{d}\right) \leq 380 \underline{N} \times A_s \quad (10)$$

#### c. Kapasitas Tiang Dalam Tanah Kohesif

Menurut metode Bagemann tahanan kerucut statis ( $q_c$ ) dihubungkan dengan kohesi tak terdrainase (*undrained cohesion*), seperti yang ditunjukkan pada persamaan 11.

$$q_c = c_u \cdot N_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (11)$$

### 2.4. Kriteria Penurunan (*Settlement*)

Ketika suatu lapisan tanah dibebani, tanah tersebut mengalami tekanan atau penurunan permukaan tanah. Pada tanah berbutir halus yang jenuh air, berpotensi mengalami penurunan konsolidasi. Penurunan ini memerlukan waktu yang lama (Immanuel & Makarim, 2019). Sejumlah penyebab terjadinya amblesan lantaran beban-beban yang bekerja pada permukaan tanah diantaranya:

- Keruntuhan geser atau keruntuhan lantaran melebihi daya dukung tanah,
- Kerusakan atau deformasi berat yang dialami fondasi,
- Deformasi geser tanah penyangga,
- Penurunan tanah lantaran perubahan rongga.

Penurunan konsolidasi yakni tahapan pengecilan pori-pori atau volume tanah yang jenuh dan permeabilitasnya rendah lantaran adanya pembebanan, yang mana proses ini terpengaruh oleh drainase air pori dan kecepatan dari dalam tanah dan pori-pori tersebut (Puspita & Capri, 2017). Indeks Kompresi ( $C_c$ ) ialah skor indikator tanah  $C_c$  yang diperoleh melalui grafik e-log P hasil uji konsolidasi laboratorium dan dipakai guna memperkirakan taraf penurunan permukaan tanah dibawah fondasi yang dialami pada tanah bersangkutan. Beberapa persamaan empiris yang telah ada berkat karya para penulis terdahulu bisa dicermati dalam rumus berikut:

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \quad (12)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Analisis Pembebanan

Gabungan beban dihitung sesuai standar SNI 1725: 2016 untuk beban jembatan dengan skor faktor pembatas akhir yang dipakai guna berat sendiri (MS) senilai 1,3 dan berat beban tambahan (MA) senilai 2,0. Nilai yang dipakai ialah nilai maksimum dari kondisi batas kombinasi beban yang tersedia. Rekapitulasi kombinasi pembebanan yang terjadi pada jembatan dapat dilihat pada SNI 1725:2016.

#### a. Berat sendiri (MS)

Beban struktur yang digunakan berdasarkan analisis sebesar 405,154 kN

#### b. Beban mati tambahan (MA)

Beban mati tambahan yang akan bekerja pada struktur atas antara lain sebagai berikut :

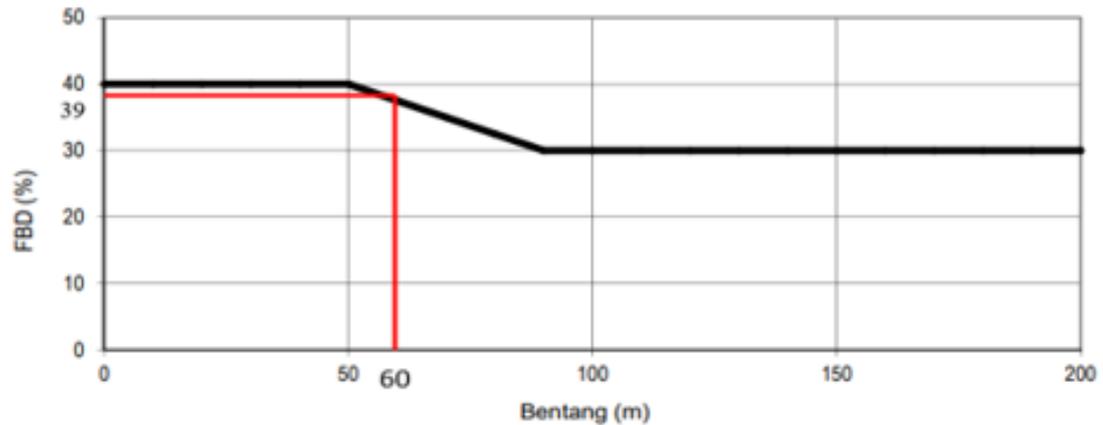
- *Railing* (2 Baris, dia 3")
 

Massa <i>railing</i>	= 0,25 kN/m
Jumlah	= 2 buah
$Q_{railing}$	= 0,25 kN/m $\times$ 2
	= 0,5 kN/m
- Pipa
 

Massa pipa	= 0,15 kN/m
$Q_{pipa}$	= 0,15 kN/m
- Berat Sendiri Pelat = 0,2 m  $\times$  1 m  $\times$  2400 kg/m<sup>3</sup>  
= 480 kg/m
- Berat Air Hujan = 0,05 m  $\times$  1 m  $\times$  980 kg/m<sup>3</sup>  
= 49 kg/m

c. Beban lajur “D” (TD)

Untuk mendapatkan nilai  $q$  harus terlebih dahulu mengetahui nilai faktor beban dinamis yang direncanakan sesuai SNI 1725 – 2016 dengan cara memplot panjang jembatan yang terdapat pada Gambar 7. Faktor Beban Dinamis untuk Beban T.



Gambar 7. Faktor Beban Dinamis untuk Beban T.

Berdasarkan grafik didapatkan untuk nilai FBD bentang jembatan 60 m yaitu 39%. Maka dengan menggunakan Persamaan 1 beban jalur yang didapat:

$$q = 9,0 \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) kpa$$

$$= 6,75 \text{ kPa}$$

Beban Terbagi Rata = 6,75 kPa

$$\begin{aligned} \text{Beban Garis Terpusat} &= 49 \times (1 + \text{FBD}) \\ &= 49 \times (1 + 0,39) \\ &= 49 \times 1,39 \\ &= 68,11 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

d. Beban pejalan kaki (TP)

Seluruh komponen perkerasan dengan lebar lebih dari 600 mm harus dirancang mampu menopang beban pejalan kaki dengan kekuatan 5 kPa dan diharapkan dapat berfungsi bersamaan dengan beban kendaraan pada setiap lajur. Jika trotoar dapat dilalui, maka tidak perlu diasumsikan bahwa beban pejalan kaki (Putra dkk., 2022).

e. Beban gempa (EQ)

Beban gempa yang digunakan pada pemodelan ini digunakan nilai berikut ini:

$$Kh = C \times S = 0,1 \times 3,0 = 0,3$$

$$TEQ = Kh \times I \times WT = 0,3 \times 1,0 \times 1544,5 \text{ kN} = 463,35 \text{ k}$$

f. Beban angin (EW)

Beban akibat angin diperkirakan bekerja pada mobil sebagai tekanan konstan 1,46 N/mm tegak lurus 1,8 m di atas jalan. Pada Tabel 2 ditunjukkan Gaya Angin pada Kendaraan ( $EW_L$ ) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Gaya Angin pada Kendaraan ( $EW_L$ ).

No	Panjang	h (m)	q (kN/m)	Ew (kN)	0,5 Ew (kN)
1	60	1,8	1,46	87,6	43,8

Tekanan Angin Vertikal ( $EWS$ ) diambil nilai  $9,6 \times 10^{-4}$  Mpa dikalikan dengan lebar jembatan. Gaya Angin pada Kendaraan ( $EWS$ ) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Gaya Angin pada Kendaraan ( $EWS$ ).

No	Panjang	h (m)	q (kN/m)	Ew (kN)	0,5 Ew (kN)
1	60	3	0,96	172,8	86,4

Berdasarkan hasil perhitungan beban di atas, maka rekapitulasi pembebanan yang digunakan untuk pemodelan fondasi ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rekap Pembebanan.

Beban	Kode	Gaya Vertikal P (kN)	Gaya Horizontal P (kN)
Berat sendiri	MS	405,15	
Beban tambahan	MA	356,4	
Beban Lajur "D"	TD	74,86	
Beban pejalan kaki	TP	5	
Tekanan angin vertikal	Ews	86,4	
Beban angin kendaraan	Ewl	43,8	
Beban gempa	EQ		463,35

### 3.2 Analisis Penurunan

Berdasarkan beban-beban yang sebelumnya sudah direkap pada Tabel 4 selanjutnya dilakukan perhitungan terkait penurunan fondasi pada struktur jembatan gantung yang direncanakan. Berikut ini ditampilkan perhitungan penurunan pada fondasi. Adapun data analisis perhitungan sebagai berikut.

- Beban yang bekerja : 405,15 kN
- Diameter tiang fondasi (D) : 0,4 m
- Panjang tiang fondasi (L) : 10 m
- Modulus Elastisitas ( $E_p$ ) : 33.892.181,99 Ton
- Luas penampang tiang ( $A_p$ ) : 0,126 m<sup>2</sup>

Analisis perhitungan mengacu persamaan 12, sebagai berikut:

$$S = \frac{0,4}{100} + \frac{405,154 \cdot 10}{0,126 \cdot 33892181,99}$$

$$S = 0,00495 \text{ m} = 4,95 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil analisis penurunan yang dilakukan didapatkan nilai penurunan (S) sebesar 4,95 mm, nilai ini masih memenuhi kriteria izin karena lebih kecil dari Penurunan izin  $< 15 \text{ cm} + b/600$  (b dalam satuan cm) (Badan Standardisasi Nasional, 2017).

### 3.3 Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, nilai daya dukung yang berbeda tergantung parameter input yang digunakan. Hasil analisis daya dukung izin fondasi (Tabel 4 sampai Tabel 6).

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Menggunakan Data N-SPT.

Data	Qb (kN)	Qs (kN)	Wp	Qu (kN)	Qa (kN)
N-SPT	7539,82	753,98	30,16	8274,48	2021,72

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Menggunakan Data Laboratorium.

Data	Qb (kN)	Qs (kN)	Wp	Qu (kN)	Qa (kN)
Laboratorium	1655,29	2277,71	30,16	3913,68	1108,98

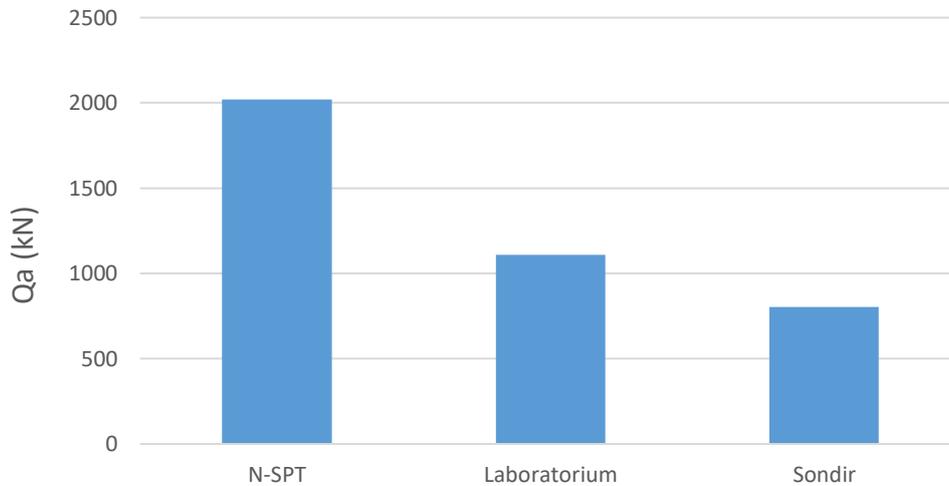
Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Menggunakan Data Sondir.

Data	Qb (kN)	Qs (kN)	Wp	Qu (kN)	Qa (kN)
Sondir	282,600	1413,00	30,16	284,01	804,71

### 3.4 Pembahasan

Dari hasil analisis sebelumnya, didapat nilai daya dukung yang bervariasi dari setiap data yang digunakan, metode pengambilan sampel dan formula yang berbeda menjadi beberapa faktor penyebabnya. Berdasarkan data N-SPT nilai daya dukung izin yang diperoleh sebesar 2021,72 kN sedangkan nilai daya dukung izin menggunakan data

Laboratorium dan Sondir masing-masing didapatkan nilai sebesar 1108,98 kN dan 804,71 kN. Perbedaan nilai daya dukung izin tersebut ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hasil Daya Dukung Izin Tiang.

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan. Beban vertikal yang diteruskan ke fondasi (berdasarkan hasil analisis struktur atas) sebesar 405,154 kN. Daya dukung izin tiang dengan menggunakan data N-SPT, data laboratorium, data sondir masing-masing diperoleh nilai sebesar 2021,72 kN, 1108,98 kN dan 804,71 kN. Deviasi atau perbedaan nilai daya dukung izin fondasi pada setiap analisis dikarenakan perbedaan parameter input, penurunan yang terjadi pada fondasi yang diakibatkan beban struktur atas masih masuk kriteria izin dengan nilai sebesar 4,95 mm (dari Penurunan izin  $< 15 \text{ cm} + b/600$ ).

### Ucapan Terima Kasih

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada LPPM Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah memberikan bantuan melalui hibah penelitian internal 2023.

### Daftar Notasi

Qult	= Daya Dukung Ultimate
Qb	= Tahanan Ujung
Qs	= Tahanan Gesek
Ab	= Luas Dasar Tiang/Luas Penampang Tiang Fondasi
fb	= Tahanan Ujung Neto Per Satuan Luas
N60	= Rata-rata N-SPT Antara Ujung Tiang Fondasi
db	= Diameter Ujung Bawah Tiang Fondasi
dr	= Lebar Referensi, 300 mm
$\sigma$	= Tegangan Referensi, 100 kPa
D	= Diameter
L	= Panjang Tiang
$\sigma'$	= Tegangan Efektif
Nq	= Faktor Kuat Dukung Ujung
$\delta$	= Sudut Geser Antara Tiang Dengan Tanah
K	= Koefisien Tekanan Tanah Lateral Pada Sisi Tiang Fondasi
Cu	= Kohesi <i>Undrained</i>
$\Phi$	= Sudut Geser Tanah
E	= Modulus Elastisitas Tiang
$\eta_h$	= Koefisien Reaksi Subgrade
Hu	= Beban Lateral/Daya Dukung Lateral Ultimate
f	= Jarak Momen Maksimum Dari Permukaan Tanah (M)
g	= Jarak Momen Maksimum Sampai Dasar Tiang (M)
Qb	= Tahanan Ujung
Qs	= Tahanan Gesek

Ab	= Luas Dasar Tiang/Luas Penampang Tiang Fondasi
fb	= Tahanan Ujung Neto Per Satuan Luas
N60	= Rata-rata N-SPT Antara Ujung Tiang Fondasi

### Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik. *Standar Nasional Indonesia, 8460*, 1–323.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 4153:2019 Metode Uji Penetrasi Standar (SPT) dan Pengambilan Contoh Tanah Dengan Tabung Belah*. 26.
- Cristady Hardiyatmo, H. (2017). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. 3.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2) Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 1–1036.
- Immanuel, J., & Makarim, C. A. (2019). Analisis Service Life Terhadap Berbagai Jenis Material Reklamasi Diatas Tanah Lunak. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(1), 95. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i1.3039>
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2021). Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02 / SE / M / 2010 tentang Pemberlakuan Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung Untuk Pejalan Kaki. *Kementerian Pekerjaan Umum, 02*, 1–63.
- PUPR, K. (2019). Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat jenderal cipta karya 2019. *Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan*, 1–34.
- Puspita, N., & Capri, A. (2017). Analisa Penurunan Tanah Lunak Dengan Beberapa Metode Konsolidasi Pada Proyek Jalan Tol Palindra. *Cantilever*, 6(1). <https://doi.org/10.35139/cantilever.v6i1.49>
- Putra, R. A., Tanjung, D., & Simbolon, R. (2022). Evaluasi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Beton Bertulang Bentang 10 Meter Kelas Ii Dengan Menggunakan Beban Gempa Sni 1726-2019. *Semnastek-Uisu*, 63–71.
- Sari, U. C., Sholeh, Moh. N., Pratama, M. M. A., Aritonang, I. J., & Prasetya, F. D. (2021). Analisis Kapasitas Daya Dukung Pada Ragam Pondasi Beton Bulat Menggunakan Standard Penetration Test (Spt). *Pondasi*, 26(1), 38. <https://doi.org/10.30659/pondasi.v26i1.17461>
- Setiyarto, Y. D. (2017). Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725 2016. *The Loading Standards on Bridges According to SNI 1725 2016*, 9, 8.
- SNI 1725. (2016). Pembebanan untuk jembatan. *Bsn*, 1–63.
- Suhendra, S., Nuklirullah, M., & Muhammad, I. F. (2019). Analisis Struktur Jembatan Sungai Kampung Tengah Kecamatan Pelayangan Kota Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 2(2), 50. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v2i2.18>