

# PERBANDINGAN DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI TIANG BERDASARKAN BENTUK DENGAN VARIASI DIMENSI

<sup>1</sup>Ega Julia Fajarsari

<sup>2</sup>Edi Sukirman

<sup>1</sup>Universitas Gunadarma, egajulia@staff.gunadarma.ac.id

<sup>2</sup>Universitas Gunadarma, ediskm@staff.gunadarma.ac.id

## ABSTRAK

*Pondasi merupakan bagian terpenting dalam suatu bangunan. Jika pondasi tidak mampu memikul beban atau memiliki daya dukung yang kecil, maka akan terjadi penurunan yang besar sehingga akan berbahaya untuk konstruksi di atasnya. Pemilihan tipe dan bentuk serta menentukan dimensi pondasi merupakan bagian terpenting dan harus disesuaikan dengan kondisi tanah pada proyek tersebut. Penelitian ini menganalisis perbandingan nilai daya dukung dan penurunan berdasarkan bentuk pondasinya dengan variasi dimensi sehingga dapat dipilih dimensi yang paling optimal pada konstruksi tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan, daya dukung ultimit tiang dan penurunan yang di dapat untuk tiang pancang persegi 30 x 30 cm, 35 x 35 cm, 40 x 40 cm dan tiang pancang lingkaran (spun pile) dengan diameter 30 cm, 35 cm, 40 cm adalah masing – masing sebesar 178,32 ton, 225,54 ton, 277,76 ton dan 139,98 ton , 177,05 ton, 218,04 ton, untuk penurunan masing – masing sebesar 0,025 m, 0,027 m, 0,028 m dan 0,022 m, 0,023 m, 0,025 m. Bentuk dan dimensi pondasi yang digunakan pada penelitian ini adalah spun pile dengan diameter 30 cm. Daya dukung lateral yang didapat sebesar 31,79 ton. Defleksi yang terjadi sebesar 0,0026 m. Penulangan pondasi untuk tulangan longitudinal D16 sebanyak 4 batang untuk setiap tiang pondasi dan tulangan geser spiral digunakan D13 – 29. Desain pile cap terdiri dari dua tipe yaitu pile cap dengan panjang 0,6 m, lebar 1,4 m dan tebal 0,45 m, dan panjang 0,6 m dan 1,4 m serta lebar 1,4 m dengan jumlah tulangan bervariasi yaitu arah x 3D19 hingga 7D19 dan arah y 7D19.*

*Kata kunci: Daya Dukung, Penurunan, Spun pile, Persegi*

## PENDAHULUAN

Pada proses pembangunan suatu proyek konstruksi dibutuhkan perencanaan struktur yang kuat, aman, dan nyaman dalam arti, bangunan tersebut mampu menahan semua beban yang bekerja. Suatu proyek konstruksi yang dibangun akan didukung oleh tanah, tanah memiliki peranan yang penting pada konstruksi tersebut. Jenis dan karakteristik tanah akan menentukan pemilihan jenis pondasi, menentukan kedalaman dan dimensi, serta kapasitas dukungnya. Pondasi merupakan bagian terpenting dalam suatu bangunan. Jika pondasi tidak mampu memikul beban atau memiliki daya dukung yang kecil, maka akan

terjadi penurunan yang besar sehingga akan berbahaya untuk konstruksi di atasnya. Pemilihan tipe dan bentuk serta menentukan dimensi pondasi merupakan bagian terpenting dan harus disesuaikan dengan kondisi tanah pada proyek tersebut serta didasarkan pada beberapa faktor yaitu faktor teknis, ekonomi, serta lingkungan. Meninjau dari hal tersebut, seringkali pemilihan jenis pondasi menjadi hal yang cukup sulit dan penting dilakukan. (Laksana, 2021)

Secara umum pondasi tiang merupakan elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban dari struktur atas ke dalam tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun arah

horizontal, karena pondasi memiliki peranan yang penting dalam suatu bangunan, maka perlu perencanaan dan pertimbangan teknis dalam pemilihan tipe dan bentuk, menentukan kedalaman dan dimensi, serta kapasitas dukung dan merancang strukturnya.

Muslimah Muthmainnah (2021) melakukan penelitian dengan menghitung daya dukung dan penurunan pondasi dengan variasi dimensi dan tiang bor existing. Berdasarkan hasil perhitungan, dari empat dimensi yang dihitung didapatkan satu dimensi dengan hasil daya dukung kelompok tiang yang lebih besar dari beban aksial dan momen arah  $x$  serta penurunan yang didapat dari salah satu variasi dimensi dengan kondisi existing memiliki nilai yang sama sehingga pondasi aman untuk digunakan pada bangunan tersebut. Nilai daya dukung dan penurunan yang diperoleh sangat mempengaruhi pemilihan dimensi pada perencanaan pondasi agar perencanaan lebih aman dan efisien. Pada penelitian tersebut tidak dilakukan analisis dengan bentuk pondasi yang berbeda sehingga tidak dapat diketahui apakah dengan bentuk pondasi yang lain mendapatkan hasil yang lebih baik atau tidak jika dilihat dari daya dukung dan penurunannya. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perbandingan nilai daya dukung dan penurunan berdasarkan bentuk pondasinya yaitu persegi dan lingkaran dengan variasi dimensi sehingga dapat dipilih dimensi yang paling baik untuk digunakan pada konstruksi tersebut.

## **METODE PENELITIAN**

### **Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Dimulai dengan pengumpulan data, data yang diperlukan untuk melakukan perencanaan pondasi yaitu data tanah dan data struktur. Data tanah berupa

jenis tanah, kedalaman tanah keras, dan data boring log digunakan untuk merencanakan pondasi. Data struktur berupa data pembebanan, data pembebanan digunakan untuk merencanakan pondasi yang akan digunakan agar dapat menahan beban yang didapat.

Setelah pengumpulan data, tahapan berikutnya adalah perhitungan daya dukung pondasi bentuk lingkaran dan persegi akibat gaya aksial menggunakan data N-SPT, berdasarkan data tersebut dilakukan perhitungan menggunakan metode *Meyerhof* sehingga didapatkan nilai daya dukung ujung tiang dan selimut tiang. Tahap selanjutnya adalah menghitung jumlah tiang, jarak tiang, efisiensi tiang kelompok, dan daya dukung kelompok tiang. Selanjutnya adalah menghitung penurunan yang terjadi menggunakan metode semi-empiris dan menghitung daya dukung pondasi tiang akibat beban lateral atau horizontal menggunakan metode *Brooms*. Dilanjutkan dengan perhitungan penulangan pondasi meliputi perhitungan penulangan longitudinal dan tulangan geser tiang pondasi dan perhitungan dimensi serta penulangan pile cap. Perhitungan penulangan menggunakan acuan berdasarkan SNI 2847:2013. Tahapan terakhir adalah kesimpulan dan saran.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal**

Tahap perancangan pondasi dimulai dengan menentukan dimensi pondasi yang akan digunakan. Pondasi kemudian dianalisis daya dukungnya berdasarkan dimensi pondasi yang telah ditentukan dan data karakteristik tanah yang telah diperoleh dari hasil penyelidikan tanah.

#### **Daya Dukung Ujung Tiang**

Perhitungan daya dukung ujung tiang menggunakan metode *Meyerhof*

(Permana, 2019). Perencanaan kedalaman tiang pada kedalaman 22 m dengan dimensi tiang pancang persegi yaitu 30 x 30 cm, 35 x 35 cm, 40 x 40 cm dan tiang pancang lingkaran (*spun pile*) dengan diameter 30 cm, 35 cm, 40 cm.

Hasil perhitungan nilai daya dukung ujung tiang berdasarkan metode *Meyerhof* dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai daya dukung ujung tiang untuk tiang pancang persegi 30x30 cm, 35x35 cm dan 40x40 cm sebesar 90 ton, 122,5 ton dan 160 ton. Sedangkan nilai daya dukung ujung tiang untuk tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 30 cm, 35 cm dan 40 cm sebesar 70,65 ton, 96,16 ton dan 125,6 ton. Nilai daya dukung ujung tiang yang paling besar diantara keenam tiang pancang tersebut adalah tiang pancang bulat (*spun pile*) dengan diameter 40 cm yaitu sebesar 125,6 ton.

#### Daya Dukung Selimut Tiang

Perhitungan daya dukung Selimut tiang menggunakan metode *Meyerhof* (Permana, 2019) berdasarkan hasil uji SPT.

Hasil perhitungan nilai daya dukung selimut tiang berdasarkan metode *Meyerhof* dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai daya dukung selimut tiang untuk tiang pancang persegi 30x30 cm, 35x35 cm dan 40x40 cm sebesar 88,32 ton, 103,04 ton dan 117,76 ton. Sedangkan nilai daya dukung selimut tiang untuk tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 30 cm, 35 cm dan 40 cm sebesar 69,33 ton, 80,89 ton dan 92,44 ton. Nilai daya dukung selimut tiang yang paling besar diantara keenam tiang pancang tersebut adalah tiang pancang persegi dengan diameter 40x40 cm yaitu sebesar 117,76 ton.

#### Daya Dukung Ultimit Tiang

Perhitungan daya dukung ultimit tiang menggunakan metode *Meyerhof* (Permana, 2019).

Hasil perhitungan nilai daya dukung ultimit tiang berdasarkan metode *Meyerhof* dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai daya dukung ultimit tiang untuk tiang pancang persegi 30x30 cm, 35x35 cm dan 40x40 cm sebesar 178,32 ton, 225,54 ton dan 277,76 ton. Sedangkan nilai daya dukung ultimit tiang untuk tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 30 cm, 35 cm dan 40 cm sebesar 139,98 ton, 177,05 ton dan 218,04 ton. Nilai daya dukung ultimit tiang yang paling besar adalah tiang pancang persegi dengan diameter 40x40 cm yaitu sebesar 277,76 ton.

#### Daya Dukung Ijin Tiang

Perhitungan nilai daya dukung ijin didapatkan dari daya dukung ultimit dibagi dengan faktor keamanan sebesar 2,5.

Hasil perhitungan nilai daya dukung ijin tiang dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai daya dukung ijin tiang untuk tiang pancang persegi 30x30 cm, 35x35 cm dan 40x40 cm sebesar 71,33 ton, 90,22 ton dan 111,10 ton. Sedangkan nilai daya dukung ultimit tiang untuk tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 30 cm, 35 cm dan 40 cm sebesar 55,99 ton, 70,82 ton dan 87,22 ton. Nilai daya dukung ijin tiang yang paling besar adalah tiang pancang persegi dengan diameter 40x40 cm yaitu sebesar 111,10 ton.

#### Jumlah Tiang

Perhitungan jumlah tiang didapatkan dari beban struktur atas dibagi dengan kapasitas ijin dari pondasi (Permana, 2019).

Hasil perhitungan jumlah tiang berdasarkan dapat dilihat pada Tabel 5. Jumlah tiang untuk tiang pancang persegi 30x30 cm, 35x35 cm dan tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 35

cm, 40 cm adalah sebanyak 1 – 2 buah, untuk tiang pancang persegi 40x40 cm adalah sebanyak 1 buah, sedangkan untuk tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 30 cm adalah sebanyak 1 – 3 buah. Semakin besar diameter dari suatu tiang pancang maka jumlah pondasinya akan semakin sedikit, sebaliknya semakin kecil diameter tiang pancang maka jumlah pondasinya akan semakin banyak.

### **Jarak Tiang**

Jarak antar tiang pancang didalam kelompok tiang sangat berpengaruh terhadap perhitungan kapasitas dukung dari kelompok tiang tersebut. Pada prinsipnya semakin rapat jarak tiang ( $s$ ), maka ukuran pile cap akan semakin kecil dan secara tidak langsung biaya yang dibutuhkan akan semakin murah. (Suryolelono, 1994) Tetapi bila pondasi memikul beban momen maka jarak tiang perlu diperbesar yang berarti menambah atau memperbesar tahanan momen. Jarak tiang minimum yang dibutuhkan untuk menekan biaya pembuatan pelat penutup tiang (*pile cap*) yang disarankan oleh Teng (Wiratmoko, 2019) adalah 2,5 dikalikan dengan diameter dari tiang tersebut.

Hasil perhitungan jarak tiang yang disarankan oleh Teng (Wiratmoko, 2019) dapat dilihat pada Tabel 6. Jarak tiang untuk tiang pancang persegi 30x30 cm dan tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 30 cm sebesar 0,75 m, untuk tiang pancang persegi 35x35 cm dan tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 35 cm sebesar 0,875 m dan untuk tiang pancang persegi 40x40 cm dan tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 40 cm sebesar 1 m.

### **Efisiensi Kelompok Tiang**

Menurut Coduto (1994), efisiensi tiang bergantung pada beberapa factor yaitu :

1. Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
2. Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
3. Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
4. Urutan pemasangan tiang
5. Macam tanah.
6. Waktu setelah pemasangan.
7. Interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah.
8. Arah dari beban yang bekerja.

Perhitungan untuk menentukan nilai efisiensi kelompok tiang pada penelitian ini menggunakan persamaan yang disarankan oleh *Converse-Labarre Formula* (Hardjono. 1988). Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan untuk efisiensi kelompok tiang berdasarkan persamaan diatas yaitu 0,785 hingga 1,00.

### **Daya Dukung Kelompok Tiang**

Daya dukung kelompok tiang adalah kemampuan dukung kelompok pondasi untuk memikul beban bangunan yang berada diatasnya. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi dari kelompok tiang tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan untuk daya dukung kelompok tiang lingkaran sebesar 73,19 ton hingga 135,39 m, sedangkan untuk tiang persegi sebesar 83,02 ton hingga 135,39 ton

### **Penurunan Pondasi**

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Penurunan terjadi karena adanya beban yang bekerja pada bangunan sehingga menyebabkan tanah disekitar mengalami pemampatan

(kompresi/pemadatan) akibat dari beban struktur bangunan.

#### Penurunan Tiang Tunggal

Penurunan tiang tunggal terjadi pada salah satu tiang, penurunan ini dihitung dengan menggunakan metode semi-empiris.

Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal berdasarkan persamaan semi empiris dapat dilihat pada Tabel 7 untuk tiang pancang persegi. Penurunan yang terjadi pada tiang pancang persegi 30x30 cm, 35x35 cm dan 40x40 cm sebesar 0,025 m, 0,027 m dan 0,028 m. Pada tiang pancang persegi, penurunan yang terjadi paling kecil adalah tiang pancang dengan dimensi 30x30 cm yaitu sebesar 0,025 m.

Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal berdasarkan persamaan semi empiris dapat dilihat pada 8 untuk tiang pancang bulat (*spun pile*). Nilai penurunan tiang tunggal untuk tiang pancang bulat (*spun pile*) diameter 30 cm, 35 cm dan 40 cm sebesar 0,022 m, 0,023 m dan 0,025 m. Nilai penurunan tiang tunggal yang paling kecil adalah tiang pancang dengan diameter 30 cm yaitu sebesar 0,022 m.

#### Penurunan Kelompok Tiang

Perhitungan penurunan kelompok tiang pada penelitian ini menggunakan metode vessic (Hardiyatmo, 2008). Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan untuk penurunan kelompok tiang lingkaran sebesar 0,032 m hingga 0,050 m, sedangkan untuk tiang persegi 0,036 m hingga 0,057 m.

#### Daya Dukung Lateral Tiang

Pondasi tiang sering harus dirancang dengan memperhitungkan beban-beban horizontal atau lateral, seperti, beban angin, tekanan tanah lateral, beban gelombang air, benturan kapal, dll. Besarnya beban lateral yang harus didukung pondasi tiang bergantung pada rangka bangunan yang

mengirimkan gaya lateral tersebut ke kolom bagian bawah. (Hary Cristady Hardiyatmo, 2008).

Menurut Poulos dan Davies (1980:143) beban lateral merupakan beban samping yang harus ditahan oleh tiang beserta momen, bahwa tiang yang menopang struktur dermaga, pelabuhan, sebagai dinding penahan tanah, dan menara-menara tinggi seperti itu harus memiliki kemampuan untuk menahan gaya lateral 10% dari beban aksial yang diterapkan. Desain pile untuk menahan beban lateral analisisnya tergantung pada batas persyaratan defleksi lateral yang mungkin menghasilkan kekhususan dari beban lateral yang diizinkan jauh lebih kecil dari kapasitas lateral tiang.

#### Menentukan Kriteria Tiang

Menentukan tiang berperilaku seperti tiang penunjang atau tiang pendek, maka perlu mengetahui faktor kekakuan tiang yang dapat ditentukan dengan menghitung faktor – faktor kekakuan T. Faktor kekakuan untuk modulus tanah yang tidak konsisten (T) memiliki beberapa syarat, yaitu :

- 1) Untuk tiang pendek  $L < 2T$ .. (Tidak Oke)
- 2) Untuk tiang panjang  $L > 4T$ .. (Oke)

Berdasarkan perhitungan dan syarat diatas maka tiang pancang termasuk kedalam kriteria tiang panjang yaitu kedalaman (L) lebih besar dari 4T, dapat dilihat pada Tabel 9.

#### Daya Dukung Lateral Tiang

Menurut Reese dan Impe (1971:204) lateral load merupakan gaya yang terjadi pada tiang yang berasal dari berbagai sumber dari sumber tersebut dapat dikategorikan sebagai beban aktif maupun pasif. Beban aktif dianggap bergantung pada waktu atau pembebanan hidup. Beban hidup dapat berasal dari angin, gelombang, arus, es, lalu lintas, tumbukan kapal, dan

kekuatan tambatan . Sedangkan beban pasif pada prinsipnya tidak bergantung waktu atau pembebanan pasif. Beban pasif berasal dari tekanan tanah atau tanah yang berpotensi bergerak, tetapi mungkin juga berasal dari pemuatan mati seperti dari jembatan lengkung.

Dalam menentukan nilai daya dukung lateral tiang untuk tiang panjang dapat dilakukan dengan menghitung nilai  $M_y/c_u d^3$  dan memplotkan nilai tersebut pada grafik tahanan lateral ultimit (Gambar 2), hubungan antara nilai  $M_y/c_u d^3$  dengan  $H_u/c_u d^2$ . Sehingga diperoleh nilai  $H_u$  untuk tiang panjang melalui persamaan  $H_u/c_u d^2$ .

Hasil perhitungan untuk daya dukung lateral tiang ( $H_u$ ) berdasarkan persamaan diatas dan Gambar 2 dapat dilihat pada Tabel 10. Nilai daya dukung lateral yang paling besar adalah tiang pancang bulat (*spun pile*) dengan diameter 40 cm.

#### Defleksi Tiang

Dalam merencanakan sebuah pondasi tiang selain memperhatikan tahanan lateral ultimit, tiang juga harus mampu menahan defleksi yang terjadi. Hitungan defleksi tiang dalam tanah kohesif metode Broms didasarkan pada teori elastis dengan tanpa memperhatikan defleksi akibat konsolidasi tanah yang terjadi pada waktu jangka panjang.

Hasil perhitungan untuk defleksi tiang berdasarkan metode Broms dapat dilihat pada Tabel 11, untuk ketiga tiang pancang bulat (*spun pile*) dengan diameter 30 cm, 35 cm dan 40 cm mampu menahan defleksi yang terjadi.

#### Analisis Perbandingan

Berdasarkan hasil perhitungan, daya dukung ultimit tiang yang di dapat untuk tiang pancang persegi yaitu 30 x 30 cm, 35 x 35 cm, 40 x 40 cm dan tiang pancang lingkaran (*spun pile*) dengan diameter 30 cm, 35 cm, 40 cm

adalah masing – masing sebesar 178,32 ton, 225,54 ton, 277,76 ton untuk tiang pancang persegi dan 139,98 ton , 177,05 ton, 218,04 ton untuk *spun pile*. Pondasi yang memiliki daya dukung terbesar adalah pondasi tiang pancang persegi dengan dimensi 40 x40 cm. perhitungan daya dukung dipengaruhi oleh dimensi dan bentuk dari pondasi tersebut. Perbedaan hasil disebabkan oleh luasan dan keliling dari pondasi tersebut.

Penurunan tiang tunggal yang di dapat untuk tiang pancang persegi yaitu 30 x 30 cm, 35 x 35 cm, 40 x 40 cm dan tiang pancang lingkaran (*spun pile*) dengan diameter 30 cm, 35 cm, 40 cm adalah masing – masing sebesar 0,025 m, 0,027 m, 0,028 m untuk tiang pancang persegi dan 0,022 m, 0,023 m, 0,025 m untuk *spun pile*. Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai penurunan yang paling kecil adalah pondasi *spun pile* dengan diameter 30 cm, sedangkan penurunan paling besar adalah pondasi tiang persegi dengan diameter 40 x 40 cm. Bentuk dan dimensi pondasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *spun pile* dengan diameter 30 cm karena memiliki penurunan yang paling kecil dibandingkan dengan diameter yang lain. Berdasarkan penelitian Hasrudin (2018) yang berjudul “Pengaruh Jenis Tanah dan Bentuk Tiang Pancang Terhadap Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Grup Akibat Beban Vertikal” menjelaskan bahwa salah satu yang mempengaruhi besaran penurunan tiang pancang adalah dimensi tiang itu sendiri. Muslimah Muthmainnah (2021) dengan penelitian yang berjudul “Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Dimensi” menghitung daya dukung dan penurunan pondasi dengan variasi dimensi dan tiang bor existing. Berdasarkan hasil perhitungannya, dari empat dimensi yang dihitung didapatkan satu dimensi

dengan hasil daya dukung kelompok tiang yang lebih besar dari beban aksial dan momen arah x serta penurunan yang didapat dari salah satu variasi dimensi yaitu 0,8 m dengan kondisi existing memiliki nilai yang sama sehingga pondasi aman untuk digunakan pada bangunan tersebut dan diameter 0,8 m memiliki nilai penurunan yang paling kecil dibandingkan dengan variasi dimensi yang lain. Nilai daya dukung dan penurunan yang diperoleh sangat mempengaruhi pemilihan dimensi pada perencanaan pondasi agar perencanaan lebih aman dan efisien.

### Penulangan Pondasi

Suatu bangunan beton membutuhkan sebuah tulangan untuk menahan gaya tarik yang bekerja pada bangunan, sehingga beban yang bekerja pada bangunan dapat diterima dan disalurkan dengan baik oleh setiap elemen strukturnya. Bentuk dan dimensi pondasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *spun pile* dengan diameter 30 cm karena memiliki penurunan yang paling kecil dibandingkan dengan diameter yang lain.

### Penulangan Longitudinal

Tulangan longitudinal merupakan tulangan pokok yang menahan beban axial dan momen. Perhitungan perencanaan penulangan longitudinal mengacu pada SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Tulangan yang digunakan adalah 4D16 untuk tulangan longitudinal.

### Penulangan Geser

Tulangan untuk menahan gaya geser biasa dinamakan tulangan geser atau tulangan sengkang. Tulangan geser diperlukan untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus dari retak yang diakibatkan oleh gaya geser. Perhitungan tulangan geser berdasarkan SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Tulangan yang digunakan adalah D13 untuk tulangan geser.

### Dimensi dan Penulangan Pile Cap

Pile cap adalah salah satu dari bagian pekerjaan struktur yang ada pada suatu bangunan. Pile cap memiliki fungsi sebagai penopang beban dari kolom, yang akan disebarkan ke pondasi tiang dan tersalurkan ke dalam tanah.

### Dimensi Pile Cap

Perencanaan dimensi pile cap dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi pile cap yang dengan panjang 0,6 m, lebar 1,4 m, tebal 0,45 m dan panjang 1,4 m, lebar 1,4 m, tebal 0,45 m

### Penulangan Pile Cap

Perencanaan penulangan pile cap dihitung berdasarkan standar SNI 2847:2013. Berdasarkan perhitungan didapatkan jumlah tulangan bervariasi yaitu arah x 3D19 hingga 7D19 dan arah y 7D19.

**Tabel 1.**  
**Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )**

Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ ) (ton)					
Tiang Pancang Persegi			<i>Spun pile</i>		
30x30 cm	35x35 cm	40x40 cm	30 cm	35 cm	40 cm
90	122,5	160	70,65	96,16	125,6

**Tabel 2.**  
**Daya Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )**

Daya Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ ) (ton)					
Tiang Pancang Persegi			<i>Spun pile</i>		
30x30 cm	35x35 cm	40x40 cm	30 cm	35 cm	40 cm
88,32	103,04	117,76	69,33	80,89	92,44

**Tabel 3.**  
**Daya Dukung Ultimit Tiang ( $Q_u$ )**

Daya Dukung Ultimit Tiang ( $Q_u$ ) (ton)					
Tiang Pancang Persegi			<i>Spun pile</i>		
30x30 cm	35x35 cm	40x40 cm	30 cm	35 cm	40 cm
178,32	225,54	277,76	139,98	177,05	218,04

**Tabel 4.**  
**Daya Dukung Ijin Tiang ( $Q_a$ )**

Daya Dukung Ijin Tiang ( $Q_a$ ) (ton)					
Tiang Pancang Persegi			<i>Spun pile</i>		
30x30 cm	35x35 cm	40x40 cm	30 cm	35 cm	40 cm
71,33	90,22	111,10	55,99	70,82	87,22

**Tabel 5.**  
**Jumlah Tiang (n)**

Jumlah Tiang (n)					
Tiang Pancang Persegi			<i>Spun pile</i>		
30x30 cm	35x35 cm	40x40 cm	30 cm	35 cm	40 cm
1 - 2 buah	1 - 2 buah	1 buah	1 - 3 buah	1 - 2 buah	1 - 2 buah

**Tabel 6.**  
**Jarak Tiang**

Jarak Tiang (m)					
Tiang Pancang Persegi			<i>Spun pile</i>		
30x30 cm	35x35 cm	40x40 cm	30 cm	35 cm	40 cm
0,75	0,875	1	0,75	0,875	1

**Tabel 7.**  
**Penurunan Tiang Tunggal Persegi**

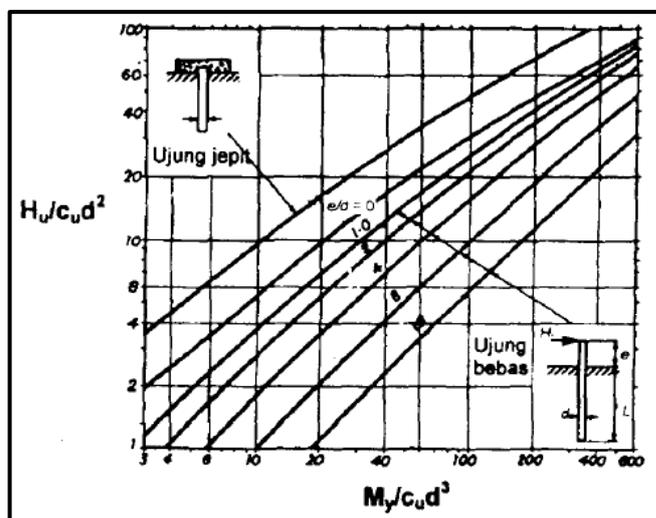
Diameter (cm)	$S_1$ (m)	$S_2$ (m)	$S_3$ (m)	$S_{total}$ (m)
30x30	0,012	0,009	0,004153	0,025
35x35	0,012	0,0105	0,004629	0,027
40x40	0,011	0,012	0,005092	0,028

**Tabel 8.**  
**Penurunan Tiang Tunggal *Spun pile***

Diameter (cm)	$S_1$ (m)	$S_2$ (m)	$S_3$ (m)	$S_{total}$ (m)
30	0,012	0,007065	0,00326	0,022
35	0,012	0,008243	0,003634	0,023
40	0,011	0,00942	0,003997	0,025

**Tabel 9.**  
**Kriteria Tiang**

Diameter (cm)	Kedalaman (m)	2T (m)	4T (m)	Tiang Pendek L < 2T	Tiang Panjang L > 4T
0,3	22	1,588966	3,177931461	(TIDAK OKE)	(OKE)
0,35	22	1,797513	3,595025359	(TIDAK OKE)	(OKE)
0,4	22	2,000164	4,000327205	(TIDAK OKE)	(OKE)



**Gambar 2. Tahanan lateral ultimit tiang untuk tiang panjang**

Sumber: Hary Cristadi Hardiyatmo, 2008

**Tabel 10.**  
**Daya Dukung Lateral Tiang**

Diameter (cm)	Kedalaman (m)	$M_y/C_u d^3$	$H_u/C_u d^2$	$H_u$ (Ton)
30	22	21,33126303	18,3	31,79
35	22	21,99915141	19,8	46,81
40	22	22,59458236	20,8	64,23

**Tabel 11.**  
**Defleksi Tiang**

Diameter (cm)	Kedalaman (m)	$Y_o$ (mm)	Batas $Y_o$ 6 mm	Cek $Y_o < Y_o$ Batas
30	22	2,695836	6,00	(OKE)
35	22	3,102318	6,00	(OKE)
40	22	3,437805	6,00	(OKE)

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil perhitungan, daya dukung ultimit tiang yang di dapat untuk tiang pancang persegi yaitu 30 x 30 cm, 35 x 35 cm, 40 x 40 cm dan

tiang pancang lingkaran (*spun pile*) dengan diameter 30 cm, 35 cm, 40 cm adalah masing – masing sebesar 178,32 ton, 225,54 ton, 277,76 ton untuk tiang pancang persegi dan 139,98 ton ,

177,05 ton, 218,04 ton untuk *spun pile*. Penurunan tiang tunggal yang di dapat untuk tiang pancang persegi yaitu 30 x 30 cm, 35 x 35 cm, 40 x 40 cm dan tiang pancang lingkaran (*spun pile*) dengan diameter 30 cm, 35 cm, 40 cm adalah masing – masing sebesar 0,025 m, 0,027 m, 0,028 m untuk tiang pancang persegi dan 0,022 m, 0,023 m, 0,025 m untuk *spun pile*. Bentuk dan dimensi pondasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *spun pile* dengan diameter 30 cm karena memiliki penurunan yang paling kecil dibandingkan dengan diameter yang lain. Daya dukung lateral untuk tiang pondasi lingkaran (*spun pile*) diameter 30 cm sebesar 31,79 ton, dengan daya dukung lateral ijin sebesar 12,71 Ton. Defleksi yang terjadi sebesar 0,0026 m. Penulangan pondasi untuk tulangan longitudinal dengan jenis tulangan D16 memerlukan tulangan sebanyak 4 batang untuk setiap tiang pondasi dan tulangan geser digunakan D13 – 29 bentuk tulangan spiral. Desain pile cap terdiri dari dua tipe yaitu pile cap dengan dimensi panjang 0,6 m, lebar 1,4 m dan tebal 0,45 m dengan jumlah tulangan arah x D19 – 225 sebanyak 3 tulangan sedangkan untuk arah y D19 – 210 sebanyak 7 tulangan, pile cap dengan dimensi panjang 1,4 m, lebar 1,4 m dan tebal 0,45 m membutuhkan jumlah tulangan arah x D19 – 210 sebanyak 7 tulangan sedangkan untuk arah y D19 – 210 sebanyak 7 tulangan.

Pada penelitian selanjutnya, dapat ditambahkan variasi dimensi dan metode dalam menganalisis kapasitas dukung tiang serta dapat dilakukan juga perbandingan analisis kapasitas dukung dengan menggunakan program geoteknik seperti *Plaxis*, *Geo Studio*, *GEO5* agar mendapatkan nilai kapasitas dukung yang lebih akurat dan optimal yang sesuai dengan beban dan karakteristik tanah, serta dapat dilakukan analisis perbandingan biaya

dan waktu pelaksanaan dalam menentukan alternatif tiang pancang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basah K Suryolelono. (1994). Teknik Fondasi Bagian II, Nafiri. Yogyakarta.
- Coduto, P.D. (1994). Foundation Design Principles and Practices. PrenticeHall.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2008). Teknik Pondasi 2, Cetakan Keempat. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Hasrudin. Sjachrul Balamba & J. E. R. Sumampouw. (2018). Pengaruh Jenis Tanah dan Bentuk Tiang Pancang Terhadap Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Grup Akibat Beban Vertikal, *Jurnal Sipil Statik*. Vol.6 No.5 Mei 2018 (339-352).
- HS, Hardjono. (1988). Pondasi Tiang Pancang, Jilid II, Cetakan Pertama. Surabaya: Sinar Wijaya. Pamungkas.
- Laksana, E. D, E. Gardjito, Suwarno, F. M. Azhari & I. Mustofa. (2021). Meningkatkan Daya Dukung Tiang Pondasi *Minipile* Persegi Pada Gedung Kantor Ngasem Kabupaten Kediri Menggunakan Metode *Mayerhoff*, *JURMATEKS : Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* .Volume 4 Nomor 2 Tahun 2021.
- Muthmainnah, Muslimah. (2021). Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Dimensi. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Poulos, H. G., & E. H. Davies. 1980. Pile Foundation Analysis and Design. Edisi Pertama. Canada: Rainbow-Bridge Book.
- Permana, Prabowo Adi & Mila Kusuma Wardani. (2019). Pengaruh Kontribusi Pile Cap Terhadap Daya Dukung dan Penurunan Tiang Pancang (Studi Kasus : Proyek *Cambridge School* Surabaya), *Seminar Teknologi Perencanaan*,

- Perancangan, Lingkungan, dan Infrastruktur*. Surabaya, 28 Agustus 2019.
- Prabowo, Audhie Aditya. Dika Adytia Pratama & Putera Agung Maha Agung. (2019). Perbandingan Daya Dukung Antara Pondasi Tiang Pancang Dengan Pondasi Bor, *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*.
- Prasetyo, Tri Sandika. Ester Priskasari & Mohammad Erfan. (2021). Perencanaan Struktur Bawah (Abutment) Pada Pembangunan Jembatan Petak, Kabupaten Nganjuk, *Student Journal GELAGAR* . Vol.3 No.1 2021.
- Reese, L. C & W. V. Impe. (2010). *Single Piles and Pile Groups Under Lateral Loading*. 2nd ed. Leiden: CRC Press/Balkema.
- SNI 2847-2013. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Wiratmoko, Bagus Anggoro. Sigit Winarto dan Yosef Cahyo SP. (2019). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Ketahanan Pangan Nganjuk, *JURMATEKS*, Vol. 2, No. 1 Juni 2019.