

# PERENCANAAN FONDASI BORED PILE DENGAN MENGUNAKAN SOFTWARE GROUP PILE BERDASARKAN DATA SPT (Studi Kasus Pembangunan Jembatan Tendeki Ruas Jalan Tol Manado – Bitung Seksi II)

Farid Darulhanif Abdarraafi<sup>1</sup>, Chandra Afriade Siregar<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana YPKP

<sup>1</sup>korespondensi: fariddarulhanif@gmail.com

## ABSTRAK

Dalam melakukan pekerjaan soil test yang berlokasi di Jembatan Tendeki Ruas Jalan Tol Manado – Bitung Seksi II, Sulawesi Utara, Untuk melihat kondisi tanah di lapangan dilakukan cara penyelidikan tanah langsung di lapangan (Field Soil Investigation). Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan dipergunakan sebagai dasar untuk pekerjaan konstruksi fondasi atau konstruksi yang berhubungan dengan Geoteknik. Dari hasil analisis perencanaan fondasi bored pile, maka diperoleh desain fondasi sebagai berikut: Pertama, Pier 4, Diameter 1.20 m dan Panjang tiang 15 m. 1) Memiliki beban struktur atas 79854 kN, menggunakan konfigurasi 32 tiang dengan nilai daya dukung kelompok 89103.2 kN dan nilai axial dari software group pile yaitu 80371 kN. 2) Dengan konfigurasi 32 tiang dan Panjang tiang 15 m, memiliki volume 16.965 m<sup>3</sup> untuk tiang tunggal dan total volume keseluruhan yaitu 542.867 m<sup>3</sup>. Kedua, Pier 5, Diameter 1.20 m dan Panjang tiang 20 m. 1) Memiliki beban struktur atas 79439 kN, menggunakan konfigurasi 24 tiang dengan nilai daya dukung kelompok 84677.4 kN dan nilai axial dari software group pile yaitu 79464.1 kN. 2) Dengan konfigurasi 24 tiang dan Panjang tiang 20 m, memiliki volume 22.619 m<sup>3</sup> untuk tiang tunggal dan total volume keseluruhan yaitu 542.867 m<sup>3</sup>.

Kata kunci: Fondasi bored pile, SPT, Kelompok Tiang

## PENDAHULUAN

Sebelum melaksanakan suatu pembangunan kontruksi, yang pertama dilaksanakan dan dikerjakan dilapangan adalah pekerjaan Fondasi [1]. Semua konstruksi yang merupakan bangunan bagian atas tanah (*upper structure*) yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah, harus didukung oleh suatu Fondasi. Fondasi merupakan bagian bangunan bawah tanah (*substructure*) yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban yang bekerja pada bagian bangunan atas dan beratnya sendiri ke lapisan tanah pendukung (*bearing layers*) [2].

Fondasi *bored pile* adalah jenis Fondasi dalam dengan desain berbentuk tabung yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke

lapisan tanah keras [3]. Fondasi *Bored pile* juga sering disebut di lapangan sebagai Fondasi bor pile. Fondasi ini digunakan jika level tanah dipermukaan atas tidak cukup untuk menahan beban bangunan secara keseluruhan, sehingga diperlukan daya dukung tambahan [4].

Fondasi yang akan direncanakan harus sesuai, kuat dan daya dukung tanahnya baik. Jika tanah stabil dan memiliki daya dukung baik, maka Fondasi hanya membutuhkan konstruksi yang sederhana.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Tanah

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat

yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati [5]. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan.

### **Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang berhubungan dengan kategorisasi tanah berdasarkan karakteristik yang membedakan masing-masing jenis tanah [6]. Klasifikasi tanah merupakan sebuah subjek yang dinamis yang mempelajari struktur dari sistem klasifikasi tanah, definisi dari kelas-kelas yang digunakan untuk penggolongan tanah, kriteria yang menentukan penggolongan tanah, hingga penerapannya di lapangan. Tanah sendiri dapat dipandang sebagai material maupun sumber daya

### **Penyelidikan Tanah**

Penyelidikan tanah adalah untuk mengetahui lapisan serta sifat fisik tanah, serta mengevaluasi kekuatan dan kondisi tanah dasar yang ada sehingga dapat

menunjang perencanaan bangunan sipil / perencanaan geoteknik yang efisien dan memenuhi syarat keamanan [7].

Pada saat pekerjaan bor inti berlangsung, dilakukan juga pengujian penetrasi standard (*Standard Penetration Test*, SPT) untuk setiap interval kedalaman 2m. SPT dilakukan dengan cara menghitung jumlah pukulan palu pemukul yang diperlukan untuk mendesak tabung contoh *split spoon sampler* berdiameter 2" sedalam 30 cm kedalam tanah. Berat palu pemukul yang dipergunakan adalah 63.5 kg dengan tinggi jatuh 75 cm [8].

Perhitungan jumlah pukulan dilakukan 3 kali, yaitu setiap penetrasi 15 cm. Nilai SPT diperoleh dengan menjumlahkan jumlah pukulan yang diperlukan pada 15 cm penetrasi kedua dan ketiga. Hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) ini digabungkan dalam log bor inti. Sebelum dilakukan analisa dari nilai SPT, perlu diperhatikan rasio energy dari *Hammer SPT* yang digunakan [9]. Berikut adalah table keterangan besarnya rasio energy dari tiap jenis *hammer* :

Tabel 1 : Measured SPT Rod-Energy Ratios

| Table 9.3 Measured SPT rod-energy ratios |                 |                                    |                              |                    |
|--|-----------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Country                                  | Hammer type     | Release mechanism                  | Average rod energy ratio (%) | Source references* |
| Argentina                                | Donut           | Cathead                            | 45                           | 1                  |
| Brazil                                   | Pin weight      | Hand dropped                       | 72                           | 3                  |
| China                                    | Automatic donut | Hand trip                          | 60                           | 1                  |
|  | Donut           | Dropped                            | 55                           | 2                  |
|  | Donut           | Cathead                            | 50                           | 1                  |
| Colombia                                 | Donut           | Cathead                            | 50                           | 3                  |
| Japan                                    | Donut           | Tombi                              | 78-85                        | 1,4                |
|  | Donut           | Cathead, 2 turns + special release | 65-67                        | 1,2                |
| UK                                       | Automatic       | Trip                               | 73                           | 5                  |
| USA                                      | Safety          | Cathead, 2 turns                   | 55-60                        | 1,2                |
|  | Donut           | Cathead, 2 turns                   | 45                           | 1                  |
| Venezuela                                | Donut           | Cathead                            | 43                           | 3                  |

\* (1) Seed *et al.* (1985); (2) Skempton (1986); (3) Decourt (1986), (4) Riggs (1986), (5) Clayton (1990).

## METODE

### Kapasitas Daya Dukung

Setelah dilakukan penyelidikan dilanjutkan dengan perhitungan daya dukung tanah di lokasi tempat bangunan akan dibangun. Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada fondasi. Untuk mendapat tegangan yang dipakai dalam perencanaan fondasi, besarnya beban dibagi dengan faktor keamanan (safety factor). Nilai yang diperoleh disebut dengan tegangan tanah yang diizinkan.

Tegangan tanah yang di izinkan :

$$q_{all} = \frac{\text{Daya Dukung Batas } (q_{ult})}{\text{Faktor Keamanan } (SF)}$$

Daya dukung ultimate diperoleh dengan cara menambahkan daya dukung selimut dengan daya dukung ujung tiang.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$Q_u$  = Kapasitas Dukung Ultimate Tiang

$Q_p$  = Kapasitas Dukung Ujung Tiang

$Q_s$  = Kapasitas Dukung Selimut Tiang

Perhitungan daya dukung selimut dapat menggunakan tiga metode yaitu metode  $\alpha$ , metode  $\lambda$ , dan metode  $\beta$ . Ketiga metode ini digunakan dalam proses perhitungan untuk mendapatkan nilai daya dukung selimut pada tanah lempung. Metode yang digunakan dalam perhitungan ini adalah metode  $\alpha$ .

$$Q_s = P \cdot fav$$

$$\text{Sand, } fav = 0,2 \cdot P_a (N_{60})$$

$$\text{Clay, } fav = \alpha \cdot C_u$$

Dimana,

$Q_s$  = Daya dukung tahanan selimut

$P$  = Keliling tiang

$fav$  = gesekan rata – rata resistensi

$P_a$  = Tekanan Atmosfir ( 100 KN/m<sup>2</sup> atau 2000 lb/ft<sup>2</sup>)

$N_{60}$  = Standar ketahanan penetrasi

$\alpha$  = Faktor adhesi empiris

$C_u$  = kohesi tanah yang tidak terkuras di bawah ujung tiang

Perhitungan kapasitas ujung pada proses perancangan ini menggunakan dua metode, Metode tersebut sering digunakan dalam proses perhitungan daya dukung aksial untuk mendapatkan nilai kapasitas ujung.

$$Q_p = A_p \cdot q_p$$

$$\text{Sand, } q_p = 0,4 \cdot P_a \cdot N_{60} \cdot \frac{L}{D}$$

$$\text{Clay, } q_p = N_c \cdot C_u$$

Dimana,

$Q_p$  = Daya dukung ujung tiang

$A_p$  = Luas penampang tiang

$q_p$  = jumlah titik resistensi

$P_a$  = Tekanan Atmosfir ( 100 KN/m<sup>2</sup> atau 2000 lb/ft<sup>2</sup>)

$N_{60}$  = Standar ketahanan penetrasi

$N_c$  = Faktor daya dukung

$C_u$  = kohesi tanah yang tidak terkuras di bawah ujung tiang

## Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

### Metode Mayerhoff

Daya dukung kelompok tiang dapat ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

$$Q_{ug} = (Q_{all} \times n \times E_g)$$

$$E_g = 1 - \arctan \frac{D}{S} \times \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 m n}$$

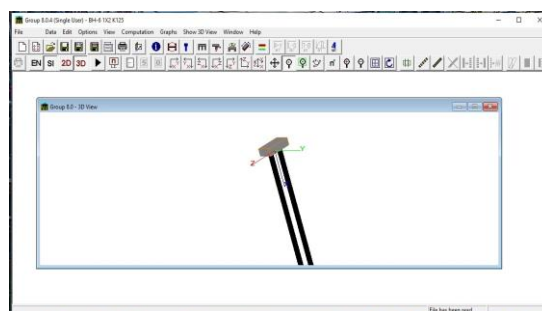
$Q_{all}$  = Daya Dukung Ijin Tiang

$n$  = Jumlah Tiang

$E_g$  = Nilai Efisiensi Tiang

### Software Group 8

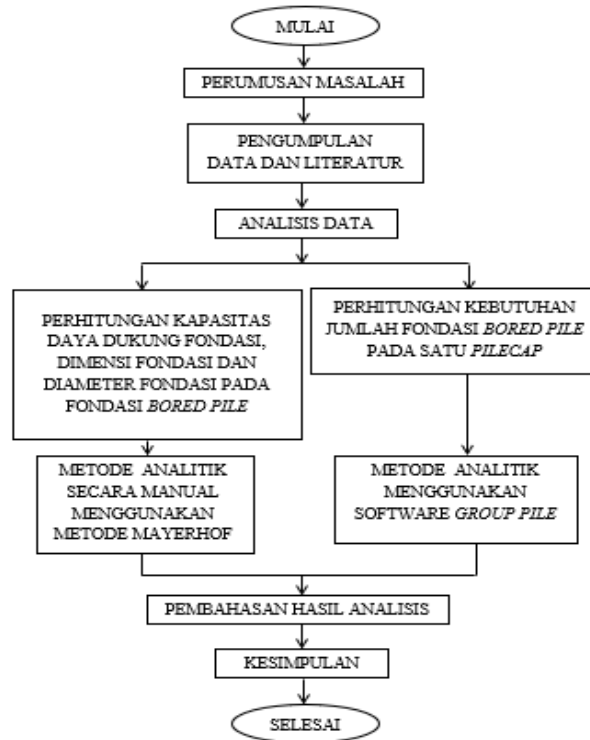
Perhitungan kelompok tiang dapat dilakukan dengan menggunakan *Software Group Pile*. Melalui aplikasi ini, konfigurasi kelompok yang telah dirancang, akan dianalisis untuk mengetahui reaksi yang terjadi ketika tiang diberi beban secara aksial.



Gambar 1 : Software Group 8

Konfigurasi kelompok tiang disusun sesuai dengan hasil analisis struktur. Dengan *diameter* 1.20 m terdapat 32 tiang fondasi dengan panjang tiang 15 m untuk *Pier 4* dan *Diameter* 1.20 m terdapat 24 tiang fondasi dengan panjang

tiang 20 m. Jarak antar tiang yang digunakan adalah 3d atau tiga kali diameter tiang. Analisis kapasitas dilakukan menggunakan 5 kombinasi pembebanan ultimate.



Gambar 2 : Paradigma Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan fondasi pada Jembatan Tendeki ini menggunakan jenis bored pile dengan acuan laporan hasil pengujian tanah yang direkomendasikan menggunakan fondasi dalam.

Jembatan Tendeki akan dibangun di Jalan Tol Manado-Bitung sehingga dibutuhkan desain dan analisis pondasi tiang yang

direncanakan untuk jembatan tersebut. Tipe pondasi tiang yang digunakan adalah tiang bor (*bored pile*), desainnya diharapkan dapat menahan beban struktur di atasnya.

Jembatan Tendeki memiliki panjang 392 m dengan lebar 43 m. memiliki 2 *abutment* dan 8 *Pier* dengan jarak antar *Pier* yaitu 42 m.

## Data Pendukung

Tabel 2 : Nilai N-SPT BH 75 dan BH 77

| Depth (m) | N-Spt |       |
|-----------|-------|-------|
|           | BH 75 | BH 77 |
| 0.0       | 0     | 0     |
| 1.0       | 2     | 24    |
| 2.0       | 4     | 47    |
| 3.0       | 32    | 54    |
| 4.0       | 60    | 60    |
| 5.0       | 60    | 60    |
| 6.0       | 60    | 60    |
| 7.0       | 60    | 60    |
| 8.0       | 60    | 60    |
| 9.0       | 55    | 60    |
| 10.0      | 50    | 60    |
| 11.0      | 55    | 60    |

| Depth (m) | N-Spt |       |
|-----------|-------|-------|
|           | BH 75 | BH 77 |
| 12.0      | 60    | 60    |
| 13.0      | 60    | 60    |
| 14.0      | 60    | 60    |
| 15.0      | 60    | 60    |
| 16.0      | 60    | 60    |
| 17.0      | 60    | 55    |
| 18.0      | 60    | 50    |
| 19.0      |       | 55    |
| 20.0      |       | 60    |
| 21.0      |       | 60    |
| 22.0      |       | 60    |
| 23.0      |       | 60    |
| 24.0      |       | 60    |

Dalam Analisis ini hanya melakukan perhitungan pada *pier 4* dan *pier 5*. diharapkan dapat menahan beban struktur di atasnya.

Tipe fondasi tiang yang digunakan adalah tiang bor (*bored pile*), desain yang

**Tabel 3 : Beban Struktur Atas (Kombinasi Pembebanan Struktur Pier 4)**

|        | FX (kN) | FZ (kN) | FZ (kN) | MX (kN -m) | MY (kN-m) | MZ (kN-m) |
|--------|---------|---------|---------|------------|-----------|-----------|
| Fx Max | 990.95  | 125.9   | 79854   | 36498.1    | 23420     | 2323.6    |
| Fy Max | 990.95  | 125.9   | 79854   | 36498.1    | 23420     | 2323.6    |
| Fz Max | 990.95  | 125.9   | 79854   | 36498.1    | 23420     | 2323.6    |
| Mx Max | 402.92  | 125.9   | 79821   | 36498.1    | 7265.1    | 2323.6    |
| My Max | 990.95  | 125.9   | 79854   | 36498.1    | 23420     | 2323.6    |

**Tabel 4 : Beban Struktur Atas (Kombinasi Pembebanan Struktur Pier 5)**

|        | FX (kN) | FZ (kN)  | FZ (kN) | MX (kN -m) | MY (kN-m) | MZ (kN-m) |
|--------|---------|----------|---------|------------|-----------|-----------|
| Fx Max | 1338.5  | 135.9546 | 79439   | 3760.5     | 2904.8    | 2319.7    |
| Fy Max | 712.62  | 135.9546 | 79464   | 3760.5     | 12211     | 2319.7    |
| Fz Max | 712.62  | 135.9546 | 79464   | 3760.5     | 12211     | 2319.7    |
| Mx Max | 1338.5  | 135.9546 | 79439   | 3760.5     | 29408     | 2319.7    |
| My Max | 1338.5  | 135.9546 | 79439   | 3760.5     | 29048     | 2319.7    |

Pemilihan diameter untuk perhitungan fondasi bored pile direncanakan masing - masing menggunakan diameter 1.20 m, dengan kedalaman 15 m untuk *pier 4* dan 20 m untuk *pier 5*. Hasil perhitungan daya dukung ijin menggunakan metode mayerhof, dengan berdasarkan data SPT.

Daya dukung aksial ultimit akan dikonversi menjadi daya dukung aksial ijin (Qall)

dengan membagi nilai Qu dengan angka keamanan (SF). Angka keamanan yang digunakan dalam proses perhitungan ini adalah 2.5, sehingga perhitungan daya dukung ijin sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{Q_u}{2.5}$$

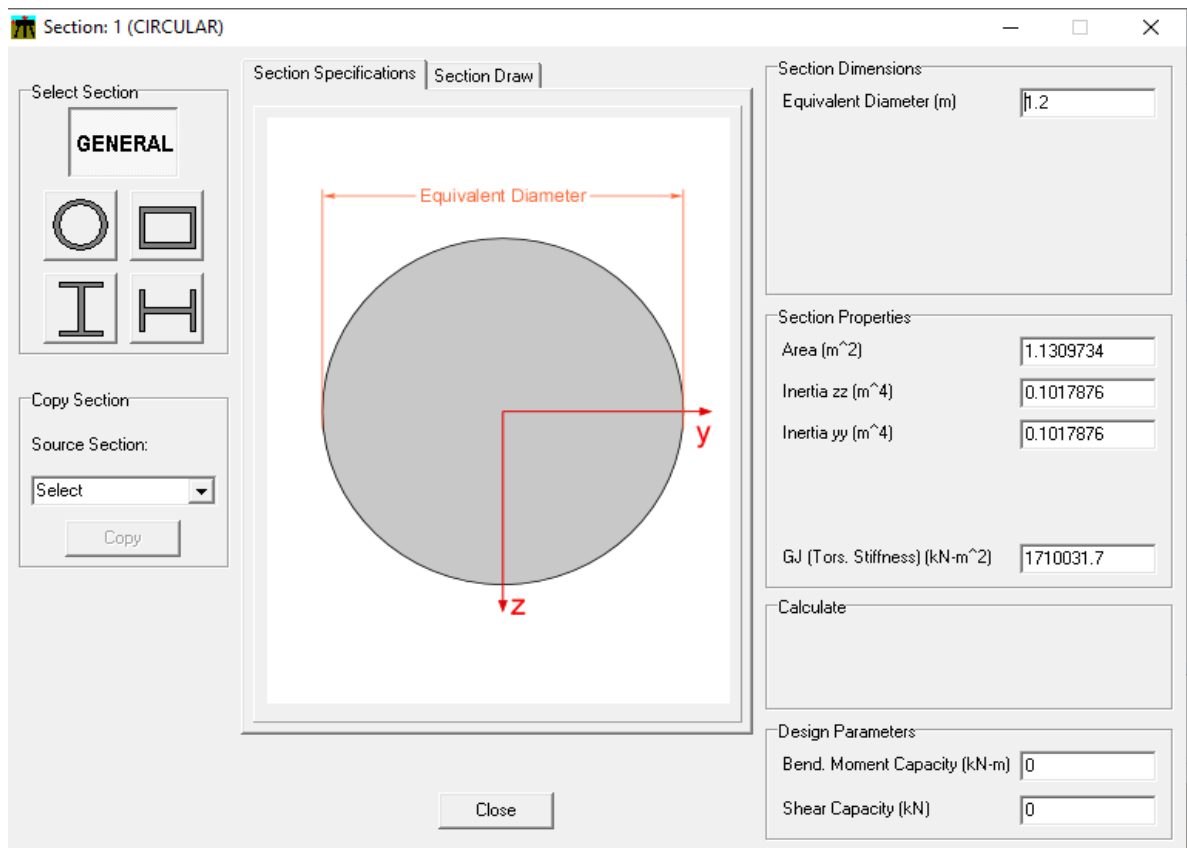
Tabel 5 : Rekapitulasi Daya Dukung Ijin

| Hasil Perhitungan Penyelidikan Tanah |               |       |          |           |        |         |                      |
|--------------------------------------|---------------|-------|----------|-----------|--------|---------|----------------------|
| Titik Penyelidikan Tanah             | Kedalaman (m) | N-SPT | Qs       |           | Qp, kN | Qu, kN  | Qall, kN<br>SF : 2,5 |
|                                      |               |       | Unit, kN | Cumm., kN |        |         |                      |
| BH 75                                | 15            | 60    | 452,4    | 5911,2    | 4524   | 10435,2 | 4174                 |
| BH77                                 | 20            | 60    | 678,6    | 9402,2    | 3664   | 13066,2 | 5226                 |

**Analisis menggunakan Software**

Konfigurasi kelompok tiang disusun sesuai dengan hasil analisis struktur. Dengan diameter 1.20 m terdapat 32 tiang fondasi dengan panjang tiang 15 m untuk *Pier 4* dan Diameter 1.20 m terdapat 24 tiang fondasi

dengan panjang tiang 20 m. Jarak antar tiang yang digunakan adalah 3d atau tiga kali diameter tiang. Analisis kapasitas dilakukan menggunakan 5 kombinasi pembebanan ultimate.

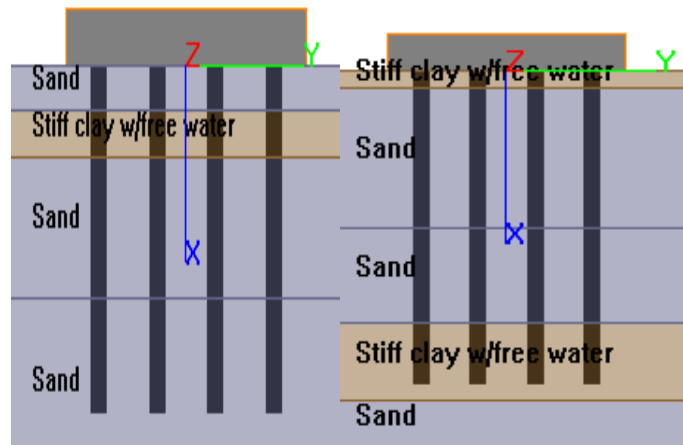


Gambar 3 : Input Properties Fondasi

Setiap *borehole* akan diselidiki jenis profil lapisan tanah berdasarkan nilai NSPT yang didapatkan. Area tersebut terbagi menjadi beberapa titik untuk mempermudah identifikasi profil lapisan tanah. Data yang

diinput pada *group pile* berdasarkan hasil penyediaan jenis profil lapisan tanah dengan nilai NSPT dari masing – masing kedalaman. Gambar dibawah menampilkan proses

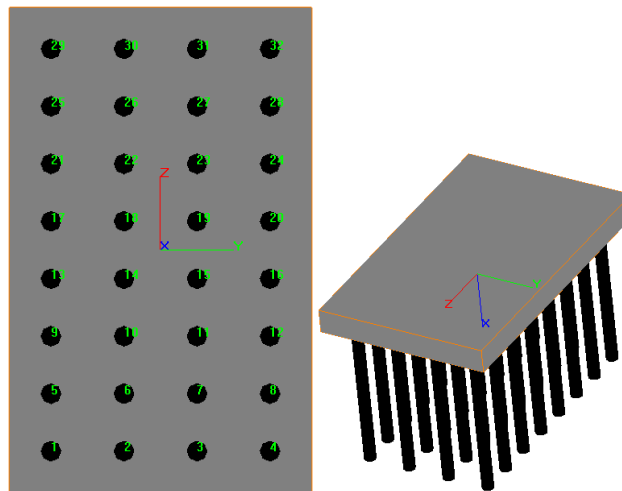
penyesuaian lapisan tanah beserta kedalamannya.



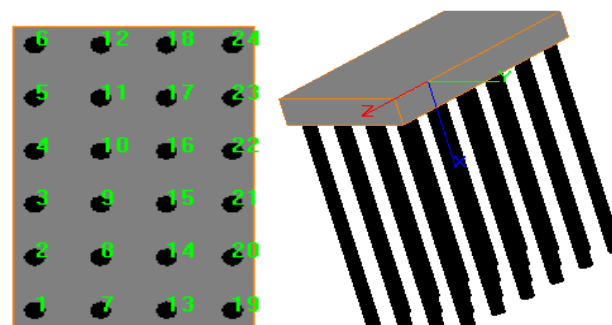
Gambar 4 : Lapisan Tanah pier 4 dan pier 5

Dengan diameter 1.20 m terdapat 32 tiang fondasi dengan panjang tiang 15 m untuk Pier 4 dan Diameter 1.20 m terdapat 24 tiang fondasi dengan panjang tiang 20 m. Jarak

antar tiang yang digunakan adalah 3d atau tiga kali diameter tiang. Analisis kapasitas dilakukan menggunakan 5 kombinasi pembebanan struktur atas.



Gambar 5 : Konfigurasi Tiang Kelompok Pier 4



Gambar 6 : Konfigurasi Tiang Kelompok Pier 5



Konfigurasi tiang yang telah dirancang akan dianalisis untuk mengetahui reaksi yang terjadi ketika diberi beban aksial dan lateral. Dalam analisis ini hasil perhitungan analisis

group pile yang diambil adalah nilai aksial, untuk dibandingkan dengan nilai kapasitas daya dukung aksial ijin tiang tunggal [10].

\* PILE TOP REACTIONS \*

| PILE GROUP | AXIAL, KN | LAT. y, KN | LAT. z, KN | MOM x, KN- M | MOM y, KN- M | MOM z, KN- M | STRESS, KN/ M**2 |
|------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| 1          | 3202.3    | 144.37     | 39.850     | -5.9463E-02  | -92.308      | 407.15       | 5292.4           |
| 2          | 2630.3    | 141.64     | 38.846     | -5.9463E-02  | -90.398      | 402.19       | 4755.6           |
| 3          | 2058.3    | 141.70     | 38.717     | -5.9463E-02  | -90.006      | 402.25       | 4249.7           |
| 4          | 1327.9    | 167.18     | 46.491     | -5.9463E-02  | -103.00      | 446.84       | 3877.2           |
| 5          | 3256.4    | 131.87     | 35.919     | -5.9463E-02  | -85.429      | 384.56       | 5201.3           |
| 6          | 2684.3    | 129.24     | 34.971     | -5.9463E-02  | -83.582      | 379.66       | 4665.0           |
| 7          | 2112.3    | 129.30     | 34.856     | -5.9463E-02  | -83.216      | 379.72       | 4159.1           |
| 8          | 1408.3    | 159.18     | 43.946     | -5.9463E-02  | -98.761      | 433.16       | 3864.0           |
| 9          | 3310.4    | 131.64     | 35.812     | -5.9463E-02  | -85.243      | 384.22       | 5246.9           |
| 10         | 2738.4    | 129.01     | 34.865     | -5.9463E-02  | -83.396      | 379.31       | 4710.6           |
| 11         | 2166.4    | 129.07     | 34.750     | -5.9463E-02  | -83.031      | 379.38       | 4204.7           |
| 12         | 1487.8    | 159.31     | 43.942     | -5.9463E-02  | -98.761      | 433.48       | 3936.2           |
| 13         | 3364.4    | 131.74     | 35.809     | -5.9463E-02  | -85.244      | 384.50       | 5296.3           |
| 14         | 2792.4    | 129.11     | 34.862     | -5.9463E-02  | -83.396      | 379.59       | 4759.9           |
| 15         | 2220.4    | 129.18     | 34.747     | -5.9463E-02  | -83.032      | 379.65       | 4254.1           |
| 16         | 1557.3    | 159.44     | 43.938     | -5.9463E-02  | -98.761      | 433.81       | 3999.5           |
| 17         | 3418.5    | 131.85     | 35.807     | -5.9463E-02  | -85.244      | 384.79       | 5345.8           |
| 18         | 2846.5    | 129.22     | 34.860     | -5.9463E-02  | -83.397      | 379.87       | 4809.3           |
| 19         | 2274.4    | 129.28     | 34.745     | -5.9463E-02  | -83.032      | 379.93       | 4303.5           |
| 20         | 1626.7    | 159.57     | 43.935     | -5.9463E-02  | -98.761      | 434.14       | 4062.8           |
| 21         | 3472.5    | 131.96     | 35.804     | -5.9463E-02  | -85.244      | 385.07       | 5395.2           |
| 22         | 2900.5    | 129.32     | 34.857     | -5.9463E-02  | -83.397      | 380.15       | 4858.7           |
| 23         | 2328.5    | 129.39     | 34.742     | -5.9463E-02  | -83.032      | 380.21       | 4352.8           |
| 24         | 1696.2    | 159.70     | 43.931     | -5.9463E-02  | -98.762      | 434.46       | 4126.1           |
| 25         | 3526.5    | 133.65     | 36.291     | -5.9463E-02  | -86.112      | 388.27       | 5462.4           |
| 26         | 2954.5    | 131.06     | 35.354     | -5.9463E-02  | -84.287      | 383.43       | 4926.5           |
| 27         | 2382.5    | 131.12     | 35.237     | -5.9463E-02  | -83.919      | 383.50       | 4420.7           |
| 28         | 1765.7    | 160.53     | 44.145     | -5.9463E-02  | -99.127      | 436.01       | 4196.9           |
| 29         | 3580.6    | 151.39     | 41.755     | -5.9463E-02  | -95.615      | 420.28       | 5706.6           |
| 30         | 3008.6    | 149.36     | 40.966     | -5.9463E-02  | -94.091      | 416.63       | 5177.9           |
| 31         | 2436.5    | 149.43     | 40.829     | -5.9463E-02  | -93.685      | 416.69       | 4671.9           |
| 32         | 1835.1    | 172.15     | 47.711     | -5.9463E-02  | -105.06      | 456.05       | 4381.3           |
| MINIMUM    | 1327.9    | 129.01     | 34.742     | -5.9463E-02  | -105.06      | 379.31       | 3864.0           |
| Pile N.    | 4         | 10         | 23         | 1            | 32           | 10           | 8                |
| MAXIMUM    | 3580.6    | 172.15     | 47.711     | -5.9463E-02  | -83.031      | 456.05       | 5706.6           |
| Pile N.    | 29        | 32         | 32         | 1            | 11           | 32           | 29               |

Gambar 7 : Nilai Axial Pier 4

\* PILE TOP REACTIONS \*

| PILE GROUP         | AXIAL, KN | LAT. y, KN | LAT. z, KN  | MOM x, KN- M | MOM y, KN- M | MOM z, KN- M | STRESS, KN/ M**2 |
|--------------------|-----------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| 1                  | 3071.8    | 45.616     | -6.5113     | 1.2867E-10   | 35.412       | 63.535       | 3144.8           |
| 2                  | 3219.1    | 40.398     | -5.7215     | 1.2867E-10   | 34.905       | 57.769       | 3244.2           |
| 3                  | 3366.5    | 34.645     | -4.7209     | 1.2867E-10   | 34.261       | 51.610       | 3341.8           |
| 4                  | 3513.8    | 28.142     | -3.4691     | 1.2867E-10   | 33.454       | 44.912       | 3437.0           |
| 5                  | 3661.2    | 20.600     | -2.0400     | 1.2867E-10   | 32.528       | 37.485       | 3529.7           |
| 6                  | 3808.5    | 11.869     | -0.8421     | 1.2867E-10   | 31.731       | 29.212       | 3621.7           |
| 7                  | 2985.7    | 45.277     | -9.8259E-02 | 1.2867E-10   | 28.738       | 63.340       | 3049.9           |
| 8                  | 3133.0    | 39.975     | 0.8947      | 1.2867E-10   | 28.073       | 57.520       | 3147.5           |
| 9                  | 3280.4    | 34.144     | 2.0511      | 1.2867E-10   | 27.299       | 51.309       | 3243.1           |
| 10                 | 3427.7    | 27.634     | 3.3418      | 1.2867E-10   | 26.433       | 44.605       | 3336.4           |
| 11                 | 3575.1    | 20.309     | 4.6370      | 1.2867E-10   | 25.556       | 37.313       | 3427.7           |
| 12                 | 3722.4    | 12.171     | 5.6742      | 1.2867E-10   | 24.829       | 29.421       | 3518.3           |
| 13                 | 2899.6    | 44.774     | 6.0394      | 1.2867E-10   | 22.246       | 63.020       | 2957.7           |
| 14                 | 3046.9    | 39.410     | 7.1456      | 1.2867E-10   | 21.482       | 57.158       | 3054.0           |
| 15                 | 3194.3    | 33.553     | 8.3584      | 1.2867E-10   | 20.645       | 50.928       | 3148.3           |
| 16                 | 3341.6    | 27.108     | 9.6235      | 1.2867E-10   | 19.767       | 44.266       | 3240.4           |
| 17                 | 3489.0    | 20.021     | 10.829      | 1.2867E-10   | 18.919       | 37.127       | 3330.6           |
| 18                 | 3636.3    | 12.328     | 11.827      | 1.2867E-10   | 18.193       | 29.527       | 3419.7           |
| 19                 | 2813.5    | 44.168     | 11.879      | 1.2867E-10   | 15.958       | 62.615       | 2868.5           |
| 20                 | 2960.8    | 38.776     | 13.037      | 1.2867E-10   | 15.138       | 56.733       | 2964.1           |
| 21                 | 3108.2    | 32.937     | 14.255      | 1.2867E-10   | 14.275       | 50.515       | 3057.7           |
| 22                 | 3255.5    | 26.600     | 15.478      | 1.2867E-10   | 13.401       | 43.924       | 3149.2           |
| 23                 | 3402.9    | 19.749     | 16.631      | 1.2867E-10   | 12.565       | 36.941       | 3238.8           |
| 24                 | 3550.2    | 12.416     | 17.652      | 1.2867E-10   | 11.798       | 29.583       | 3326.8           |
| MINIMUM<br>Pile M. | 2813.5    | 11.869     | -6.5113     | 1.2867E-10   | 11.798       | 29.212       | 2868.5           |
| MAXIMUM<br>Pile M. | 3808.5    | 45.616     | 17.652      | 1.2867E-10   | 35.412       | 63.535       | 3621.7           |

Gambar 8 : Nilai Axial Pier 5

Tabel 6 : Rekapitulasi Perhitungan Tiang Tunggal

| Perhitungan Group Pile Untuk 1 Tiang |                      |                     |                       |                  |                    |     |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|--------------------|-----|
| Axis                                 | Diameter Fondasi (m) | Jumlah Fondasi (bh) | Kedalaman Fondasi (m) | Qall, kN 1 Tiang | Group Pile 1 Tiang | Ket |
| Pier 4                               | 1,20                 | 32                  | 15                    | 4174             | 3580.6             | OK  |
| Pier 5                               | 1,20                 | 24                  | 20                    | 5226             | 3888.5             | OK  |

**Analisis Kelompok Tiang Manual**

Daya dukung kelompok tiang dapat ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

$$Q_{ug} = (Q_{all} \times n \times E_g)$$

$E_g$

$$= 1 - \arctan \frac{D}{S} \times \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 m n}$$

Pada pier 4 terdapat 32 tiang fondasi *bored pile* dengan diameter 1,2 m dengan kombinasi 4 kolom dan 8 baris dan jarak antar tiang yaitu 3D.

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$S = 1,5 \times D = 1,5 \times 1,2 = 1,8 \text{ m}$$

$$M = 8, N = 4$$

$$E_g = 1 - \arctan \frac{1,2}{3,6} \times \frac{(8-1) 4 + (4-1) 8}{90 \times 4 \times 8}$$

$$E_g = 0,6671$$

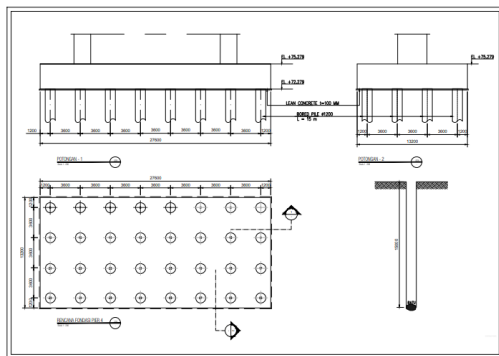
$$Q_{ug} = (4174 \times 32 \times 0,6671)$$

$$Q_{ug} = 89103,2 \text{ kN}$$

Dari perhitungan di atas dengan diameter 120 cm didapat jarak antar tiang 360 cm dengan jumlah tiang 32 buah. Nilai daya dukung kelompok lebih besar dari pada jumlah nilai aksial dari group pile.

Pada pier 5 terdapat 24 tiang fondasi *bored pile* dengan diameter 1,2 m dengan kombinasi 4 kolom dan 6 baris dan jarak antar tiang yaitu 3D.

$$D = 1,2 \text{ m}$$



Gambar 9 : Konfigurasi Pier 4 dengan 32 Tiang

$$S = 3 \times D = 3 \times 1,2 = 3,6$$

$$M = 6, N = 4$$

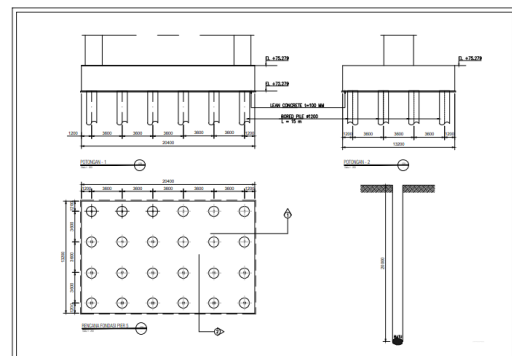
$$E_g = 1 - \arctan \frac{1,2}{3,6} \times \frac{(6-1) 4 + (4-1) 6}{90 \times 4 \times 6}$$

$$E_g = 0,675$$

$$Q_{ug} = (5227 \times 24 \times 0,6620)$$

$$Q_{ug} = 84677,4 \text{ kN}$$

Dari perhitungan di atas dengan diameter 120 cm didapat jarak antar tiang 360 cm dengan jumlah tiang 24 buah. Nilai daya dukung kelompok lebih besar dari pada jumlah nilai aksial dari group pile.



Gambar 10 : Konfigurasi Pier 5 dengan 24 Tiang

Tabel 7 : Rekapitulasi Perhitungan Kelompok Tiang

| Axis   | Perhitungan Fondasi  |                     |                       |         |                 |                      |     |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------------|---------|-----------------|----------------------|-----|
|        | Diameter Fondasi (m) | Jumlah Fondasi (bh) | Kedalaman Fondasi (m) | PU (kN) | Group Pile (kN) | Q <sub>ug</sub> (kN) | Ket |
| Pier 4 | 1,20                 | 32                  | 15                    | 79854,0 | 81371,0         | 89103,2              | OK  |
| Pier 5 | 1,20                 | 24                  | 20                    | 79439,0 | 79464,1         | 846774,2             | OK  |

#### Perhitungan Volume Fondasi

- Volume Pier 4

Diameter : 1.2 m

Jumlah Tiang : 32 bh

Tinggi Tiang : 15 m

Luas Alas : 1.130973 m<sup>2</sup>

Volume 1 Tiang : Luas Alas x Tinggi  
= 1.130973 x 15 = 16.965 m<sup>3</sup>

Volume Total : Volume 1 Tiang x Jumlah  
Tiang  
:16.965 x 32 = 542.867 m<sup>3</sup>

• Volume *Pier 5*

Diameter : 1.2 m

Jumlah Tiang : 24 bh

Tinggi Tiang : 20 m

Luas Alas : 1.130973 m<sup>2</sup>

Volume 1 Tiang : Luas Alas x Tinggi =  
: 1.130973 x 20 = 22.619 m<sup>3</sup>

Volume Total : Volume 1 Tiang x Jumlah  
Tiang

: 22.619 x 24 = 542.857 m<sup>3</sup>

Tabel 8 : *Volume Fondasi Bored Pile*

| Axis   | Perhitungan Fondasi  |                     |                       |                             |                                  |                                |     |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----|
|        | Diameter Fondasi (m) | Jumlah Fondasi (bh) | Kedalaman Fondasi (m) | Luas Alas (m <sup>2</sup> ) | Volume 1 Tiang (m <sup>3</sup> ) | Volume Total (m <sup>3</sup> ) | Ket |
| Pier 4 | 1,20                 | 32                  | 15                    | 1,130973                    | 16,965                           | 542,880                        | OK  |
| Pier 5 | 1,20                 | 24                  | 20                    | 1,130973                    | 22,619                           | 542,856                        | OK  |

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan fondasi *Bored Pile* jembatan Tendeke ini berada di ruas tol Manado–Bitung seksi II. Area Jembatan Tendeke memiliki panjang 392 m dan lebar 43 m. Memiliki 2 *abutment* dan 8 *pier*. Pada analisis ini hanya memperhitungkan 2 *pier* yang ada pada bagian jembatan, yaitu *pier 4* dan *pier 5*.
2. Kedua *pier* menggunakan fondasi *bored pile diameter* 1,20 m dan kedalaman 15 m untuk *pier 4* dan 20 m untuk *pier 5*.
3. Hasil penyeidikan tanah mendapatkan nilai daya dukung tiang tunggal 4174 kN untuk *pier 4* di kedalaman 15 m dan 5226 kN untuk *pier 5* di kedalaman 20m.
4. Fondasi *pier 4* memiliki beban struktur atas 79854 kN digunakan 32 tiang,

kedalaman 15 m ,ukuran *pilecap* 27,6 m x 13,2 m dan jarak antar tiang 3D dengan daya dukung kelompok tiang 89103.2 kN.

5. Fondasi *pier 5* memiliki beban struktur atas 79439 kN digunakan 24 tiang, kedalaman 20 m, ukuran *pilecap* 20,4 m x 13,2 m dan jarak antar tiang 3D dengan daya dukung kelompok tiang 84677.4 kN.
6. Hasil *software* GROUP 8 dengan sesuai perencanaan untuk fondasi *pier 4* mendapatkan nilai maksimum aksial 3850,6 kN (tiang tunggal) dan jumlah keseluruhan tiang 80371 kN.
7. Hasil *software* GROUP 8 dengan sesuai perencanaan untuk fondasi *pier 5* mendapatkan nilai maksimum aksial 3888,5 kN (tiang tunggal) dan jumlah keseluruhan tiang 79464.1 kN.

8. Perhitungan volume fondasi *bored pile* pada *pier* 4 dengan jumlah fondasi 32 tiang, kedalaman 15 m dan luas alas  $1.130973 \text{ m}^2$  mendapatkan volume  $16.965 \text{ m}^3$  untuk 1 tiang tunggal dan total volume fondasi kelompok 542.867  $\text{m}^3$ .
9. Perhitungan volume fondasi *bored pile* pada *pier* 5 dengan jumlah fondasi 24 tiang, kedalaman 20 m dan luas alas  $1.130973 \text{ m}^2$  mendapatkan volume  $22.619 \text{ m}^3$  untuk 1 tiang tunggal dan total volume fondasi kelompok 542.857  $\text{m}^3$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. E. Sihotang, "Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kanwil Djp Dan Kpp Sumbagut I Jalan Suka Mulia Medan." Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [2] C. Mantiri, "Tinjauan Perencanaan Daya Dukung Dan Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Pembangunan Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado." Politeknik Negeri Manado, 2015.
- [3] S. M. T. Debatara And A. M. Nababan, "Analisis Daya Dukung Pondasi Jembatan Sei Sekundur Kecil-I Berdasarkan Data N-Spt," *J. Ilm. Tek. Sipil*, Vol. 9, No. 2, Pp. 101–115, 2020.
- [4] A. M. Ibrahim, "Ta: Analisis Stabilitas Konstruksi Bangunan Gedung Bertingkat Dengan Metode Tiang Bor Dan Sistem Drainase Bawah Permukaan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Dekanat Unisba Kota Bandung)." Institut Teknologi Nasional, 2019.
- [5] W. Fadly, "Pengaruh Penambahan Dedak Padi Terhadap Produktifitas Waktu Pengeringan Batu Bata." Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, 2021.
- [6] S. A. Al Hasib, "Ta: Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Dan Tanpa Tiang Bor (Studi Kasus: Proyek Pabrik Kosmetik Bojongsoang, Bandung)." Institut Teknologi Nasional Bandung, 2020.
- [7] H. Darwis And M. Sc, "Dasar-Dasar Mekanika Tanah," *Yogyakarta Pena Indis*, 2018.
- [8] L. M. Atmaja, "Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Pada Proyek Gedung Mpp (Mall Pelayanan Publik) Kab. Grobogan Jawa Tengah," 2021.
- [9] E. S. Fani, "Analisa Dan Desain Pondasi Yang Efisien Untuk Pembangunan Gedung Bertingkat Menggunakan Borepile, Spun Pile Dan Squarepile." 2022.
- [10] W. A. N. Aspar, D. P. Utomo, And H. Hendriyawan, "Alternatif Pondasi Terowongan Layang Dalam Laut Untuk Prasarana Transportasi," *J. Sains Dan Teknol. Indones.*, Vol. 12, No. 3, P. 131427, 2010.