

Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Struktur Viewing Deck Puncak Waringin Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur (NTT)

Fabianus Hambu¹, Agnes Hanna Patty², Anna Catharina Sri Purna Suswati³
^{1,2,3}Prodi Teknik Sipil - Universitas Katolik Widya Karya Malang, Indonesia

Alamat: Universitas Katolik Widya Karya Malang – Jl. Bondowoso No 2 Malang

*Korespondensi penulis: 201732005@widyakarya.ac.id

Abstract. Labuan Bajo is one of the areas designated as a National Strategic Tourism Area (KSPN) as a recent breakthrough by the government to develop the Labuan Bajo tourist destination. One of the supporting facilities is the construction of a viewing deck structure on the Soekarno-Hatta Road section in Labuan Bajo, NTT. In the construction of the viewing deck structure, several aspects need to be considered in the structural planning. The viewing deck structure consists of the superstructure, namely slab, column, and beam, and the substructure, namely the foundation. This research is an analytical study addressing the issue of bore pile foundation bearing capacity as the substructure of the Labuan Bajo viewing deck structure. Soil investigation data uses Standard Penetration Test (SPT) data. The bearing capacity calculation uses the Meyerhof method and the Reese & Wright method. Based on the analysis results and bearing capacity calculations with a foundation depth of 6 m and a pile diameter of 0.6 m, the bearing capacity based on the Meyerhof method is 56.8 tons, while for the Reese & Wright method it is 38.78 tons, which is the allowable load (Q_{allowed}) for each single pile. Based on the Reese and Wright bearing capacity calculation, the single pile foundation bearing capacity does not meet the requirements to support the superstructure load where $Q_{\text{allowed}} < P$, with P being the superstructure load of 42.83 tons. The bearing capacity does not meet the requirements due to negative skin friction in cohesive soil. Based on the Reese & Wright bearing capacity calculation, one pile alone is not sufficient to support the existing load, so pile group efficiency needs to be considered. Based on the pile group efficiency calculation using two piles with the Converse-Labarre method is 74.5 tons, while for the Los Angeles Group method it is 65.92 tons. Based on the pile group bearing capacity calculation, the foundation is safe in supporting the superstructure load.

Keywords: Bore pile, Viewing deck, Foundation bearing capacity, Pile group efficiency, Standard Penetration Test (SPT)

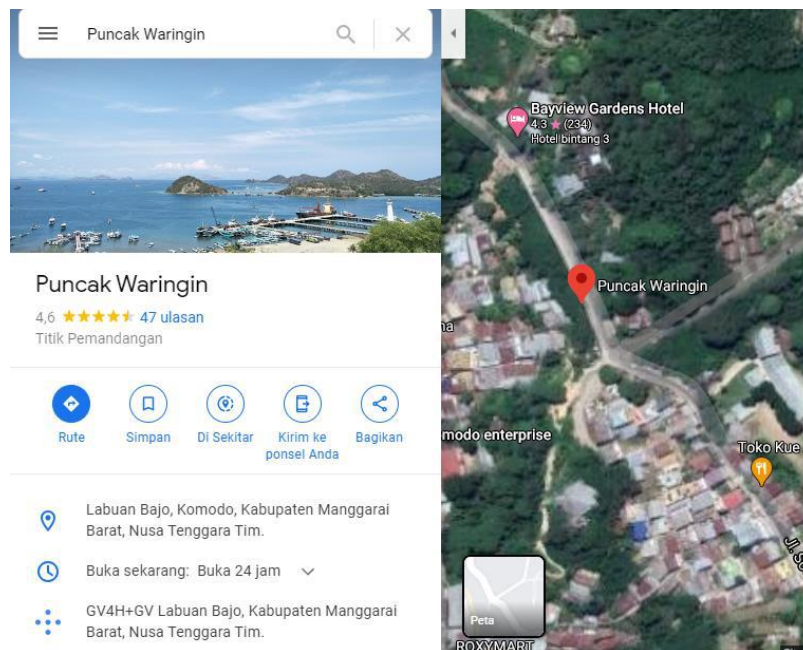
Abstrak. Labuan Bajo merupakan salah satu tempat yang dijadikan Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) sebagai salah satu terobosan terkini oleh pemerintah dalam rangka mengembangkan destinasi wisata Labuan Bajo. Salah satu sarana pendukungnya adalah pembangunan struktur viewing deck pada ruas Jalan Soekarno - Hatta atas Labuan Bajo, NTT. Pada pembangunan struktur viewing deck ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan strukturnya. Struktur viewing deck terdiri dari struktur atas yaitu pelat, kolom dan balok dan struktur bawah yaitu pondasi. Penelitian ini merupakan studi analisis yang mengangkat permasalahan tentang daya dukung pondasi bore pile sebagai bangunan bawah pada struktur viewing deck Labuan Bajo. Data investigasi tanah menggunakan data Standard Penetration Test (SPT). Perhitungan daya dukung menggunakan metode Meyerhof dan Metode Reese & Wright. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan daya dukung dengan kedalaman pondasi adalah 6 m dan diameter tiang 0,6 m, daya dukung berdasarkan metode Meyerhof adalah sebesar 56,8 ton sedangkan untuk metode Reese & Wright adalah sebesar 38,78 ton yang merupakan Q_{ijin} untuk masing-masing tiang tunggal. Berdasarkan perhitungan daya dukung Reese dan Wright daya dukung pondasi tiang tunggal tidak memenuhi untuk menahan beban struktur di atasnya dimana $Q_{\text{ijin}} < P$, dengan P adalah beban struktur atas sebesar 42,83 ton. Daya dukung tidak memenuhi dikarenakan adanya gesekan negatif pada tanah kohesif. Berdasarkan perhitungan daya dukung Reese & Wright satu tiang saja tidak cukup dalam memikul beban yang ada, sehingga perlu diperhitungkan dalam efisiensi kelompok tiang. Berdasarkan perhitungan efisiensi tiang kelompok menggunakan dua tiang dengan metode Converse-Labarre adalah sebesar 74,5 ton sedangkan untuk metode Los Angeles Group adalah sebesar 65,92 ton. Berdasarkan perhitungan daya dukung kelompok tiang, maka pondasi aman dalam memikul beban struktur di atasnya.

Kata kunci: Bore pile, Viewing deck, Daya dukung pondasi, Efisiensi kelompok tiang, Standard Penetration Test (SPT)

1. LATAR BELAKANG

Labuan Bajo merupakan suatu wilayah yang berada di pulau Flores, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Wilayah Labuan Bajo beberapa tahun belakangan ini dikenal sebagai salah satu wilayah yang memiliki wisata alam yang sangat indah dan menarik. Dengan adanya hal ini pemerintah membuat terobosan dengan menjadikan Labuan Bajo sebagai salah satu wilayah Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN). Sebagai KSPN pembangunan infrastruktur menjadi salah satu pusat perhatian pemerintah.

Salah satu bagian dari peningkatan infrastruktur penunjang pariwisata dalam wilayah Labuan Bajo adalah pekerjaan struktur *Viewing Deck* yang juga merupakan dinding penahan. Pekerjaan struktur ini berdasar pada ruas jalan Soekarno - Hatta atas Labuan Bajo yang lebih dikenal dengan Puncak Waringin. Ruas jalan ini memiliki pemandangan laut yang sangat bagus dan berada diatas bukit, sehingga dijadikan sebagai *viewing deck*. *Viewing deck* sendiri merupakan suatu tempat pada ketinggian tertentu dan memiliki objek yang indah, menarik dan sebagai tempat observasi/pengamatan pada titik tertentu.



Gambar 1. Lokasi Pengamatan

Sumber: PCM Pelaksanaan Pekerjaan, PT ANK

Suatu bangunan struktur perlu direncanakan dengan baik untuk mencegah terjadinya kegagalan-kegagalan pada struktur tersebut, selain itu juga untuk memberikan keamanan pada pengguna *viewing deck*. Perencanaan struktur *viewing deck* meliputi pondasi, kolom, balok, dinding penahan dan pelat. Beban-beban yang bekerja pada struktur *viewing deck* meliputi, beban mati dan beban hidup. Beban struktur yang bekerja tersebut dipikul oleh struktur bangunan atas dan diteruskan ke pondasi kemudian ditransfer ke dalam tanah.

Pondasi merupakan salah satu bagian terpenting pada suatu struktur yang berfungsi menerima beban bangunan di atasnya dan *ditransfer* ke dalam tanah sehingga perlu direncanakan dengan baik. Kegagalan pada pondasi memberikan dampak yang sangat besar pada suatu bangunan yaitu terjadi penurunan bangunan bahkan keruntuhan akibat kegagalan perencanaan kekuatan pada pondasi. Selain menjaga kestabilan kekuatan pondasi juga untuk kenyamanan struktur *viewing deck* tersebut.

Penelitian ini menganalisis daya dukung pondasi pada struktur *viewing deck* Puncak Waringin Labuan Bajo. Selain menganalisis kekuatan pondasi untuk dijadikan acuan apabila suatu saat akan terjadi perubahan fungsi pada struktur yang ada dan adanya penambahan beban dalam hal ini adalah aktivitas yang terjadi di atas struktur tersebut. Pondasi yang digunakan pada struktur *viewing deck* adalah pondasi *bore pile*. Pondasi *bore pile* adalah pondasi tiang yang proses pemasangannya dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu kemudian memasukan tulangan yang telah rangkai ke dalam lubang bor, kemudian dicor (Hardiyatmo, 2015). Penggunaan pondasi *bore pile* apabila tanah dasar yang kokoh atau tanah keras berada pada kedalaman kurang lebih 15 m serta keadaan sekitar tanah terdapat banyak bangunan struktur yang besar dan bertingkat, sehingga ditakutkan akan mengalami kerusakan akibat getaran apabila menggunakan pondasi tiang pancang (Jusi, 2018).

Dalam mendukung beban struktur, pondasi *bore pile* akan berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberi keamanan bagi struktur di atasnya. Sehingga untuk menghasilkan daya dukung yang akurat, maka perlu dilakukan penyelidikan tanah yang akurat juga. Sehingga menganalisis daya dukung pondasi sangat penting untuk dilakukan agar dapat memperhitungkan keamanan struktur yang ada.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Pengertian dan Fungsi Pondasi

Pondasi didefinisikan sebagai bagian dari suatu bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah .(Terzaghi, Peck, 1987). Pondasi juga didefinisikan sebagai struktur bangunan bawah yang berfungsi menerima beban struktur atas. Semua struktur bangunan yang direncanakan bertumpu pada tanah harus didukung oleh pondasi. Pondasi merupakan bagian dari sistem rekayasa yang berfungsi meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri ke dalam tanah keras dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles, 1993). Adapun fungsi pondasi adalah sebagai berikut:

1. Sebagai kaki atau dasar bangunan
2. Sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban di atasnya ke tanah dasar yang keras.

3. Sebagai bagian dari struktur untuk menjaga kedudukan bangunan agar tetap stabil (Frick et al., 2001).

Secara umum Pondasi tiang *bore* merupakan elemen struktur yang memiliki fungsi untuk meneruskan beban baik secara vertikal maupun horizontal ke dalam tanah.

2.2 Klasifikasi Pondasi Tiang

Berdasarkan metode pemasangannya, pondasi tiang umumnya dapat dibagi atas dua yaitu tiang pancang dan tiang bor (*bore pile*):

a. Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang didefinisikan sebagai pondasi tiang dipancang ke dalam tanah sampai pada kedalaman tertentu yang cukup untuk menimbulkan tahanan gesek pada selimutnya atau tahanan ujungnya. Umumnya pemasangan pondasi tiang pancang dilakukan dengan memukul kepala tiang dengan palu atau alat penekan hidrolis.

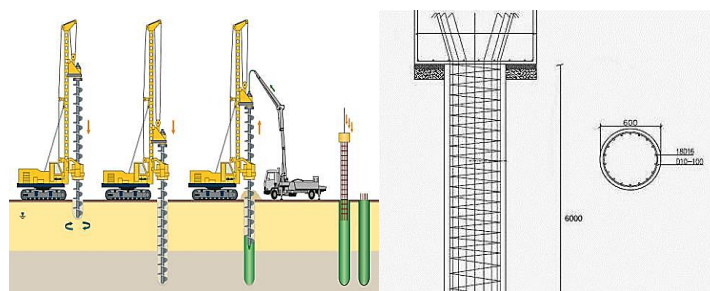
b. Tiang Bor

Pondasi tiang bor adalah pondasi yang proses pemasangannya dengan mengebor tanah terlebih dahulu dengan alat bor, kemudian memasukan tulangan yang telah dirangkai dan dicor.

2.3 Pondasi *Bore Pile*

Jika Pelaksanaan pondasi tiang pancang dipasang dengan cara dipukul ke dalam tanah, lain halnya dengan pondasi *bore pile*/tiang bor yang dipasang dengan mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian memasukan tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor dan kemudian dicor (Hardiyatmo, 2015). Adapun persyaratan pondasi tiang adalah sebagai berikut:

- 1) Beban yang diterima oleh pondasi tidak lebih besar dari daya dukung tanah untuk keamanan struktur.
- 2) Pembatasan penurunan yang terjadi pada bangunan masih pada batas nilai yang dapat diterima dan tidak merusak struktur.
- 3) Pengendalian atau pencegahan efek dari pelaksanaan galian pekerjaan pondasi yang lain untuk membatasi pergerakan bangunan struktur disekitarnya (Rahardjo, 2000).



Gambar 2. Pondasi *Bore Pile*
Sumber: Arsitur Studio

Selain persyaratan dalam merencanakan pondasi tiang bor juga ada beberapa alasan dalam menggunakan pondasi bor pada suatu struktur, yaitu:

- a) Tiang bor dapat digunakan pada tiang kelompok atau *pile cap*
- b) Kedalaman tiang dapat divariasikan/berbeda
- c) Tiang bor dapat dikerjakan sebelum penyelesaian tahapan selanjutnya dalam konstruksi (efisiensi waktu)
- d) Proses pelaksanaan tiang bor dapat menghindari kerusakan bangunan yang ada di sekitarnya
- e) Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan mengakibatkan tanah bergelombang dan menyebabkan tiang yang dipancang sebelumnya bergerak ke samping, sedangkan pada pondasi tiang bor tidak mengalami pergerakan.
- f) Selama pelaksanaan pondasi *bore* tiang tidak ada suara yang mengganggu aktivitas, jika dibanding dengan pondasi tiang pancang
- g) Dasar tiang bor dapat diperbesar untuk memberikan ketahanan yang besar dalam menahan beban
- h) Tiang dapat dipasang pada kedalaman yang dalam sekalipun
- i) Tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan

Adapun beberapa kelemahan dalam penggunaan pondasi bor adalah sebagai berikut:

- 1) Keadaan cuaca yang kurang baik, dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran
- 2) Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan tanah, bila berupa pasir atau tanah kerikil
- 3) Pengecoran beton sulit apabila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik
- 4) Pembesaran ujung bawah tiang dapat dilakukan bila tanah berupa pasir
- 5) Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengurangi kapasitas dukung tanah.
- 6) Kerana diameter tiang relatif besar sehingga memerlukan banyak beton, untuk proyek pekerjaan kecil dapat mengakibatkan biaya yang besar

2.4 Metode Pelaksanaan Pondasi *Bore Pile*

Dalam pelaksanaan suatu proyek tentunya pemilihan metode yang tepat, cepat dan aman sangat membantu dalam menyelesaikan suatu proyek. Secara umum pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang bor adalah sebagai berikut:

A. Persiapan lokasi pekerjaan (*Site Preparation*)

Mempelajari *layout* pondasi dan titik-titik *bore pile*, melakukan pembersihan lokasi pekerjaan agar pada saat pelaksanaan dikerjakan dengan mudah dan tidak terganggu.

B. Rute/Alur Pengeboran (*Route Of Boring*)

Merencanakan urutan/*step* pengeboran sehingga setiap penggunaan mesin, *Reverse Circulation Drilling* (RCD), *Excavator*, *Crane* dan *Truck Mixer* dapat termobilisasi dengan baik

C. Survey Lapangan dan Penentuan titik pondasi

Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat *bore pile* dengan bantuan alat ukur tanah yaitu, *Theodolit*

D. Pemasangan *Stand Pipe*

Memasang *Stand pipe* berdasarkan ketentuan bahwa pusat dari *stand pipe* harus berada pada titik as/tengah pondasi yang telah disurvei. Pemasangan *stand pipe* dapat dilakukan dengan bantuan alat *excavator*

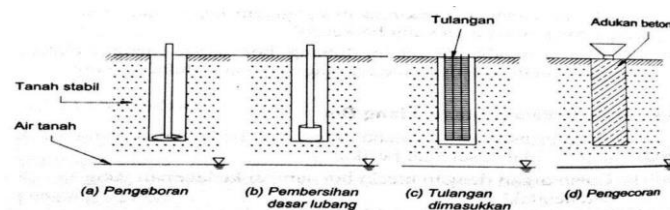
E. Pembuatan Drainase dan Kolam Air

Kolam air berfungsi untuk menampung air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran dan untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil pengeboran. Jarak kolam tidak boleh terlalu dekat dengan lubang pengeboran, sehingga lumpur dalam air hasil pengeboran mengendap dulu sebelum airnya mengalir kembali lubang pengeboran.

Seiring dengan perkembangan Ilmu pengetahuan dan teknologi, dengan ditemukannya alat pengeboran modern, maka pembuatan tiang bor terbagi atas tiga metode pelaksanaan, berikut dengan penjelasan masing:

1. Metode Kering

Pengeboran dengan metode kering biasanya dilakukan pada tanah diatas muka air tanah, dinding lubangnya tidak mudah longsor, seperti lempung kaku. Selain itu juga pada tanah pasir yang mempunyai sedikit kohesi juga tidak mudah longsor. Selain pada tanah tersebut Metode kering juga dapat dilakukan pada tanah-tanah yang berada di bawah muka air tanah, jika tanahnya mempunyai permeabilitas rendah, sehingga ketika dilakukan pengeboran air tidak masuk ke dalam lubang yang masih terbuka. Pada metode kering pembuatan lubang dengan menggunakan mesin bor tanpa pelindung. Setelah proses pengeboran dasar lubang dibersihkan dari tanah akibat pengeboran. Tulangan yang dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor dan kemudian di cor.

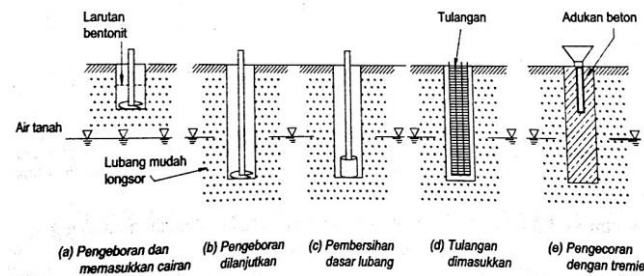


Gambar 3. Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Bor Metode Kering

Sumber: Hardiyatmo, 2015

2. Metode Basah

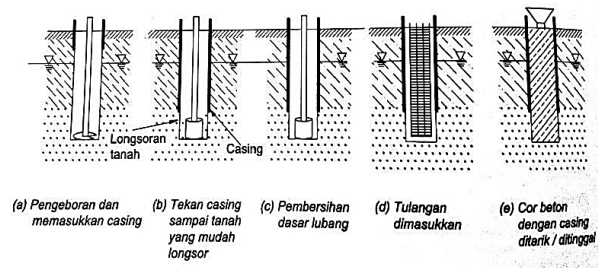
Pengeboran dengan metode basah pada umumnya proses pengeboran melewati muka air tanah, sehingga pada lubang bor akan terjadi longsor dindingnya tidak ditahan. Untuk mengatasi agar tidak longsor, pada lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung/*bentonite*. Jika kedalaman lubang bor sudah dicapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan *bentonite*. Kemudian adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa *tremie*.



Gambar 4. Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Bor Metode Basah
Sumber: Hardiyatmo, 2015

3. Metode Casing

Pengeboran dengan metode ini merupakan pengeboran dilakukan pada lubang bor yang sangat mudah longsor, misalnya pada tanah pasir yang berada di bawah muka air tanah. Untuk menahan lubang agar tidak terjadi longsor digunakan pipa selubung baja (*Casing*). Pemasangan pipa selubung ke dalam lubang bor dilakukan dengan cara dipancang, digetarkan atau pipa ditekan sampai pada kedalaman yang ditentukan. Tanah di dalam pipa selubung dikeluarkan pada saat penggalian. Pengeboran pada metode ini juga menggunakan larutan *bentonite* untuk menahan longsor yang terjadi pada dinding lubang bor, apabila penggalian sampai di bawah muka air tanah. Setelah pipa selubung sampai pada kedalaman yang ditentukan, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam pipa selubung. Campuran beton dimasukkan ke dalam lubang bor (bila pembuatan lubang menggunakan larutan, maka pengecoran menggunakan pipa *tremie*). (Hardiyatmo, 2015)



Gambar 5. Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Bor Metode Casing
Sumber: Hardiyatmo, 2015

2.5 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah diperlukan untuk menentukan jenis pondasi, daya dukung dan metode konstruksi yang paling efisien. Pada Umumnya sifat tanah sangat bervariasi bahkan dapat berupa drastis pada jarak beberapa meter. Dengan demikian tujuan langsung dari penyelidikan tanah adalah untuk menentukan lapisan tanah, menentukan sifat fisis dan teknis tanah, khususnya kuat geser dan sifat kemampatannya (Tobing, 2019).

Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui sifat tanah, secara umum tujuan yang ingin dicapai adalah:

1. Memberikan gambaran tentang kelayakan suatu lokasi untuk proyek berdasarkan kondisi tanah
2. Menentukan jenis, sifat dan kemungkinan perilaku tanah akibat pembebanan, menafsirkan data pengujian tersebut dan digunakan untuk merekomendasikan perancangan, metode konstruksi. (Rahardjo, 2000)

2.6 Kapasitas Daya Dukung dari Hasil SPT

2.6.1 *Standard Penetration Test*

Standard Penetration Test (SPT) merupakan salah satu metode pengujian tanah yang telah dikenal banyak orang sejak 1927 dan sering digunakan di lapangan. Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) dapat dilakukan tanpa keterampilan khusus karena pelaksanaannya yang mudah jika dibandingkan dengan *sondir* dan *Cone Penetration Test* (CPT). Selain mudah metode pengujian tanah dengan SPT termasuk pengujian yang cukup ekonomis untuk mendapatkan hasil mengenai kondisi di bawah permukaan tanah. Alat uji SPT terdiri dari komponen yang sederhana, mudah diangkut, dipasang dan proses pemeliharannya. Menurut para ahli yaitu alat ini akan terus dipakai untuk penyelidikan tanah secara terus - menerus karena masih relatif ekonomis (Rahardjo, 2000).

Pelaksanaan pengujian SPT dilakukan untuk mengetahui nilai *N-Value/Blow* dari contoh lapisan tanah representatif. Uji SPT dilakukan pada lubang bor dengan interval pada setiap kedalaman 2 m atau tiap-tiap pergantian jenis lapisan tanah. Apabila pada kedalaman tertentu SPT harus dilakukan berdekatan dengan pengambilan contoh *Undisturbed Sample* (UDS), maka uji SPT dilakukan sesudah pengambilan contoh UDS. Metode Pengujian mengikuti standar ASTM. D1586.

Adapun cara dalam pengujian SPT adalah sebagai berikut:

1. Siapkan peralatan SPT yang digunakan seperti: mesin bor, batang bor, *split spoon sampler*, *hammer* dan peralatan lainnya.

2. Lakukan pengeboran sampai kedalaman *testing*, lubang dibersihkan dari kotoran hasil pengeboran.
3. Berikan tanda pada batang split spoon setiap 15 cm sampai dengan total 45 cm
4. Dengan bantuan mesin bor, tumbuk batang bor dengan pukulan palu dengan berat 63,5 kg dan ketinggian jatuh 76 cm hingga kedalaman yang dihasilkan dicatat jumlah pukulan dengan memasukan penetrasi setiap 15 cm (*N-value*)

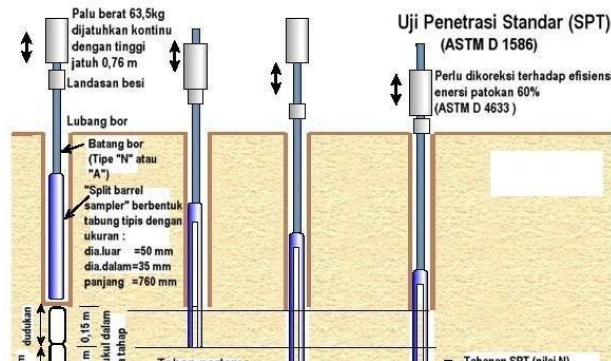
Contoh hasil N-SPT : $N_1 = 10$ pukulan/15 cm

$N_2 = 7$ pukulan/15 cm

$N_3 = 6$ pukulan/15 cm

Maka total jumlah pukulan $N = N_2 + N_3 \rightarrow 7 + 6 = 13$. N_1 pada 15cm pukulan pertama diabaikan karena diperhitungkan sebagai sisa kotoran pengeboran yang tertinggal pada dasar lubang bor, sehingga dibersihkan untuk memperkecil efisiensi gangguan.

5. Hasil pengambilan contoh tanah dari tabung dibawa ke permukaan dan dibuka. Kemudian gambarkan contoh jenis-jenis tanah yang meliputi komposisi, struktur, konsistensi, warna, kemudian dimasukan ke dalam botol tanpa dipadatkan atau dimasukan dalam plastik lalu ke dalam *core box*.
6. Gambarkan grafik hasil pengujian SPT



Gambar 6. Urutan pengujian SPT

Standard Penetration Test (SPT) adalah suatu percobaan dinamis yang dilakukan dengan memasukan alat yang dinamakan split spoon ke dalam tanah. Percobaan ini dilakukan untuk memperoleh nilai kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan persamaan Meyerhof.

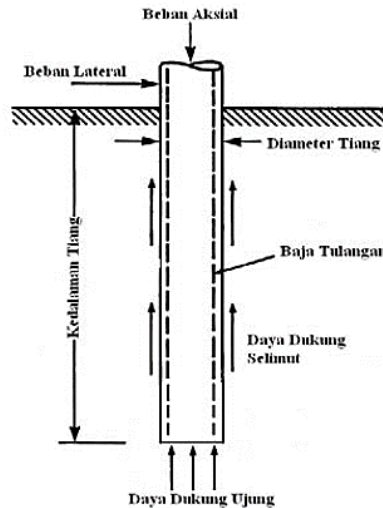
Data investigasi tanah merupakan data yang sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang sebelum pembangunan dimulai. Perhitungan daya dukung dapat dirumuskan sebagai berikut:

Tahanan ujung ultimit tiang (Q_b), dihitung:

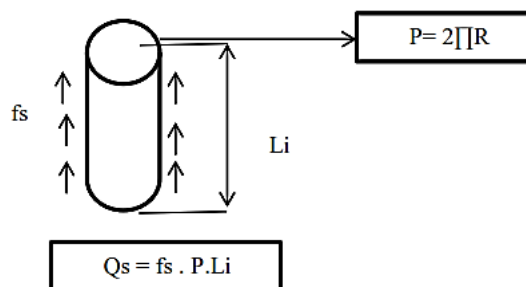
$$Q_b = A_b \times F_b \quad (1)$$

Tahanan gesek dinding tiang (Q_s), dihitung:

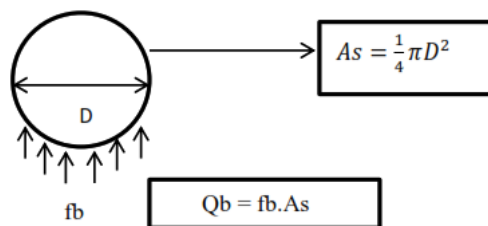
$$Q_s = A_s \times F_s \quad (2)$$



Gambar 7. Daya dukung Q_s dan Q_b
Sumber: Jurnal.Pusjatan.Pu.Go.id



Gambar 8. Gambar Potongan Q_s



Gambar 9. Gambar Potongan Q_b

Kapasitas daya dukung ultimit (Q_u) adalah penjumlahan antara tahanan ujung ultimit tiang (Q_b) dan tahanan gesek dinding tiang (Q_s). Tahanan ujung ultimit tiang (Q_b) merupakan hasil perhitungan daya dukung ujung satuan tiang (f_b) dikalikan dengan luasan ujung tiang (A_b). Tahanan gesek dinding (Q_s) tiang merupakan hasil perhitungan tahanan gesek satuan tiang (f_s) dikalikan dengan keliling tiang dikalikan dengan kedalaman tiang.

$$Q_u = Q_b + Q_s = A_b \times f_b + A_s \times f_s \quad (3)$$

Dimana:

Q_b = Tahanan ujung ultimit tiang

Q_s = Tahanan gesek dinding tiang

A_b = Luas ujung tiang bawah

A_s = Luas selimut tiang

f_b = Tahanan ujung satuan tiang

f_s = Tahanan gesek satuan tiang

2.6.2 Analisis Daya Dukung Berdasarkan Metode Meyerhof

Berdasarkan metode Meyerhof kapasitas dukung ultimit tiang dapat dihitung secara empiris berdasarkan hasil uji SPT.

1. Perhitungan daya dukung ujung tiang (Q_b) berdasarkan data pengujian SPT dengan persamaan Meyerhof (Bowles, 1993), yaitu:

$$Q_b = \frac{1}{3} \times 40 \times N_b \times A_b \quad (4)$$

Dimana:

N_b = Nilai N-SPT pada dasar tiang

A_b = Luas Penampang *bore pile*

2. Perhitungan daya dukung selimut tiang berdasarkan pengujian SPT dapat dengan persamaan Meyerhof (Bowles, 1993).

$$Q_s = X_m \times N - SPT \times P \times L_i \quad (5)$$

Dimana:

X_m = 0,2 untuk bore pile

L_i = kedalaman tiang

P = keliling tiang

N = Banyaknya perhitungan pukulan rata-rata statistik sepanjang tiang

2.6.3 Analisis Daya Dukung Reese dan Wright

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pada tanah pasir didasarkan pada data SPT, dan ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

A). Untuk tanah kohesif

- a. Perhitungan daya dukung ujung tiang (Q_b) Reese & Wright (1977)

$$Q_b = A_b \times q_b \quad (6)$$

Dimana:

A_b = Luas penampang tiang bor (m^2)

q_b = Tahanan ujung persatuan luas (ton/m^2)

Q_b = Daya dukung ujung tiang

Untuk tanah kohesif: $q_b = 9 \cdot C_u$; dimana $C_u = 2/3 \text{ N-SPT} \times 10$

b. Perhitungan daya dukung selimut tiang (Q_s)

$$Q_s = F \times L_i \times P \quad (7)$$

Dimana:

F = Tanah satuan selimut tiang (ton/m^2)

L_i = Panjang lapisan tanah (kedalaman tanah yang ditinjau) (m)

P = Keliling tiang (m)

Q_s = Daya dukung selimut tiang

Pada tanah kohesif:

$$F = \alpha \times C_u \quad (8)$$

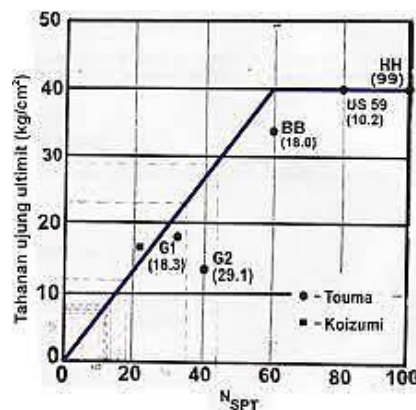
Dimana:

α = faktor adhesi (berdasarkan penelitian Reese & Wright (1977) $\alpha = 0,55$)

C_u = kohesi tanah (ton/m^2)

B). Tanah non kohesif

a. Daya Ujung Tiang Reese dan Wright mengusulkan korelasi antara q_b dan N-SPT, seperti pada gambar 10. berikut:



Gambar 10. Daya Dukung Ujung Minimum *Bore Pile* Pada Tanah Pasiran
Sumber: Reese & Wright (1977) dan Bowles, 1993

Sehingga dengan mengacu pada persamaan (6), didapatkan:

Untuk $N \leq 60$, $q_b = 7 N'$

Untuk $N \geq 60$, $q_b = 400$

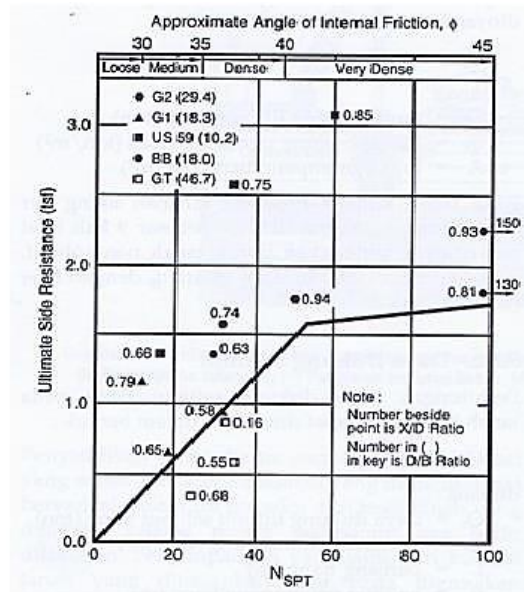
b. Daya Dukung Selimut tiang

Dengan mengacu pada persamaan (7), didapatkan:

Untuk $N \text{ STP} < 53$, $f = 0,32$

Untuk $53 < N \text{ SPT} \leq 100$, maka f = dari koreksi langsung NSPT (Reese & Wright, 1977)

Berdasarkan penelitian Reese faktor koreksi α pada tanah kohesif digunakan nilai sebesar 0,55. Sedangkan tanah non-kohesif, nilai f dapat diperoleh dengan korelasi langsung dengan N-SPT (Yuliawan & Sipil, 2018)



Gambar 11. Daya Dukung Selimut Tiang Pada Tanah Tanah Pasiran
Sumber: Reese & Wright (1977) dan Bowles, 1993

2.7 Faktor Keamanan

Dalam merencanakan daya dukung pondasi dan memperoleh daya dukung ijin tiang, maka daya dukung ultimit tiang dibagi dengan faktor keamanan. Adapun fungsi faktor keamanan adalah sebagai berikut:

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian nilai kuat geser tanah dan tegangan tanah yang mewakili kondisi lapisan tanah
2. Untuk meyakinkan bahwa penurunan yang terjadi secara tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi
3. Untuk meyakinkan bahwa tiang cukup aman dalam menahan beban struktur yang bekerja
4. Untuk mengantisipasinya adanya ketidakpastian berdasarkan metode perhitungan yang digunakan

Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan mengenai beban tiang, baik tiang pancang maupun bor yang berdiameter kecil sampai dengan sedang (600 mm), penurunan akibat beban yang bekerja yang terjadi lebih kecil dari 10 mm menggunakan faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (Tomlinson, 1997). Besarnya beban kerja atau kapasitas dukung tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor keamanan (f) yang sesuai (Hardiyatmo, 2015).

Reese dan O'Neill (1989) menyarankan pemilihan faktor aman (f) untuk perancangan pondasi tiang perlu mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut

- a. Tipe dan kepentingan dari struktur
- b. Variabilitas tanah (tanah tidak *uniform*)
- c. Ketelitian penyelidikan tanah
- d. Tipe dan jumlah uji yang dilakukan
- e. Ketersediaan data ditempat
- f. Pengawasan/kontrol kualitas di Lapangan.
- g. Kemungkinan beban desain aktual yang terjadi selama beban layan struktur (Hardiyatmo, 2015).

2.8 Kapasitas Kelompok Tiang

Kapasitas kelompok tiang tidak sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Kemampuan kelompok tiang dalam beban menahan tergantung dari 2 hal, yaitu:

1. Daya dukung tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur.
2. Akibat penurunan konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang (Hardiyatmo, 2015).

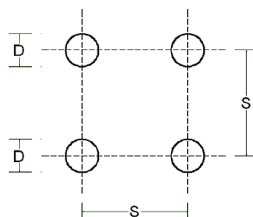
Pada tiang tunggal, interaksi yang terjadi yaitu antara tiang dengan tanah saja, sedangkan pada kelompok tiang akan ada interaksi antara tiang dengan tanah dan dengan tiang-tiang lainnya. Jika pada salah satu tiang pada kelompok tiang terjadi penurunan, maka tiang disekitarnya akan ikut turun akibat tertarik oleh tanah disekitar tiang yang dibebani. Berdasarkan kondisi tersebut tiang lainnya akan mengalami penurunan meskipun tidak menerima beban secara langsung. Hal ini akan mengakibatkan kapasitas dukung tiang menjadi berkurang jika dibandingkan dengan kondisi tiang tunggal.

2.8.1 Efisiensi Tiang *Bore Pile*

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut:

1. Metode Converse-Labarre

$$E_g = 1 - \theta \frac{(m-1)+(n-1)m}{90 \cdot m \cdot n} \quad (9)$$



Gambar 12. Daya Dukung Selimut Tiang Pada Tanah Tanah Pasiran

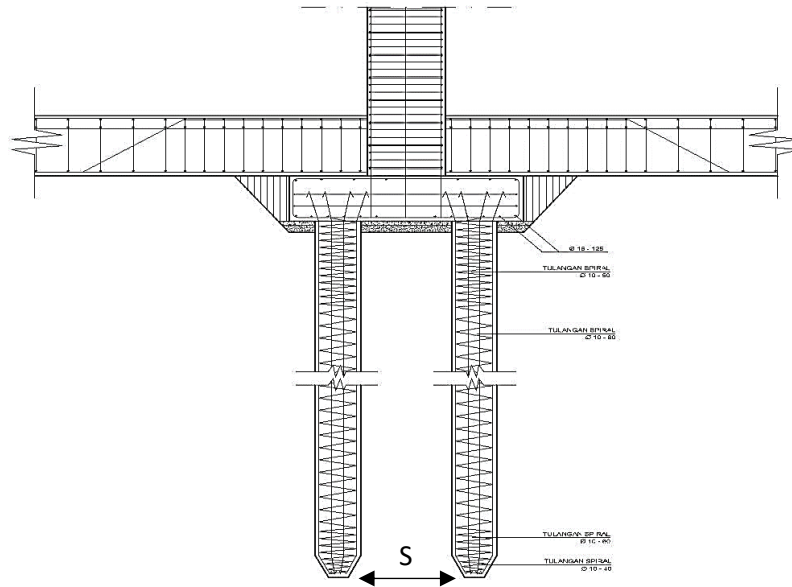
Dimana:

E_g = Efisiensi Kelompok tiang

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam 1 baris

S = jarak antara pusat tiang



Gambar 13. Efisiensi Kelompok Tiang Bore Pile
sumber: Wahyusep, 2012

2. Metode Los Angeles

$$E_g = 1 - \frac{D}{n \cdot s \cdot n \cdot m} [m(n-1) + n(m-1)(n-1)\sqrt{2}] \quad (10)$$

Dimana:

E_g = Efisiensi Kelompok tiang

D = diameter tiang

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam 1 baris

2.8.2 Kapasitas Ijin Kelompok Tiang

Daya dukung ultimit kelompok tiang dengan faktor efisiensi tiang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u \quad (11)$$

Dengan:

Q_g = Daya dukung maksimum kelompok tiang

E_g = Efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang dalam kelompok

Q_u = Daya dukung maksimum tiang tunggal

2.9 Pembebanan Struktur

Beban yang diperhitungkan pada analisis daya dukung pondasi *bore pile* pada struktur *viewing deck* Puncak Waringin Labuan Bajo adalah beban mati dan beban hidup saja (beban aksial) untuk beban angin dan gempa (beban lateral) diabaikan, ketentuan ini berdasarkan SNI pembebanan struktur gedung dan non gedung. Berdasarkan beberapa ketentuan dalam menganalisis beban gempa dan beban angin pada suatu struktur berdasarkan jenis struktur yang dibangun, juga berdasarkan lokasi atau secara geografis merupakan wilayah rawan gempa.

Beban gempa dan beban angin dapat didefinisikan sebagai beban sementara pada suatu struktur hal ini dikarenakan dapat terjadi pada waktu tertentu. Dalam memperhitungkan beban gempa pada suatu struktur berdasarkan SNI 1726 : 2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung yang dijelaskan pada ruang lingkup perencanaan beban gempa dengan ketentuan sebagai berikut:

- A). Syarat – syarat perencanaan struktur bangunan gedung dan non gedung tahan gempa yang ditetapkan dalam SNI 1726 : 2012 tidak berlaku untuk bangunan sebagai berikut:
 - a. Struktur bangunan dengan sistem struktur yang tidak umum atau yang masih memerlukan pembuktian tentang kelayakannya
 - b. Struktur jembatan kendaraan lalu lintas (jalan raya dan kereta api), struktur reaktor energi, struktur bangunan keairan dan bendungan dan struktur penahan gelombang.
- B). Ketentuan perhitungan beban angin berdasarkan SNI 1727 : 2013 yang dijelaskan pada pasal 26.2 adalah sebagai berikut:
 - a. Kecepatan angin dasar yang diperhitungkan adalah kecepatan angin dalam tiga detik pada ketinggian 33 ft (10 m) di atas tanah pada *eksposur* (lihat pasal 26.7.3) yang ditentukan sesuai dengan pasal 26.5.1
 - b. Bangunan gedung, tertutup, bangunan yang tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka atau bangunan tertutup sebagian

Beban yang bekerja pada suatu struktur dapat terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban air dan juga beban lainnya. Beban-beban yang direncanakan akan bekerja dalam suatu struktur tergantung dari fungsi ruangan, lokasi, bentuk, kekakuan, massa dan ketinggian gedung itu sendiri. Jenis beban yang dipakai pada penelitian ini adalah beban mati (DL) dan beban hidup (LL) yang bekerja secara aksial

Beberapa ketentuan berdasarkan SNI pembebanan di atas merupakan hal yang mendasari tidak memperhitungkan beban gempa dan beban angin dalam analisis pondasi bor pada struktur *viewing deck* Puncak Waringin Labuan Bajo. Struktur *viewing deck* yang merupakan struktur

yang tidak umum dan ketinggian tidak mencapai ketentuan untuk perhitungan beban gempa dan beban angin.

2.9.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua komponen struktur yang bersifat tetap, termasuk komponen struktur tambahan, serta peralatan yang merupakan bagian yang terpisahkan dari struktur tersebut. Beban mati merupakan beban yang posisinya tetap dan tidak berubah selama usia bangunan itu berdiri. Biasanya beban mati merupakan berat sendiri dari bangunan tersebut, sehingga besarnya dapat dihitung berdasarkan bentuk, ukuran dan jenis materialnya.

Beban mati tambahan selain berat sendiri merupakan beban yang berasal dari beban *finishing* lantai dan aksesoris lainnya yang bersifat tetap. Pada penelitian ini beban tambahan didasarkan berdasarkan spesifikasi di lapangan dan gambar *AS Built Drawing*.

2.9.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang berpindah tempat, dapat bekerja penuh atau tidak sama sekali. Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penggunaan atau fungsi dari bangunan tersebut, di dalamnya termasuk beban lantai yang berasal dari beban-beban yang berpindah tempat. Khusus untuk atap yang dianggap beban hidup adalah termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan air hujan. Beban hidup tidak termasuk beban lateral (beban angin dan gempa). Pada penelitian ini pembebanan mengikuti aturan pembebanan SNI 1727 : 2013.

2.9.3 Pembebanan Pondasi Tiang

1. Pembebanan Pondasi Tiang Pada Tanah Granuler

Menurut Sumiyanto (2007) dalam buku Rekayasa Pondasi II, Rumus pembebanan dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_a \cdot n \geq P \quad (12)$$

Dimana:

P = beban yang diterima pondasi

n = jumlah tiang

Kapasitas dukung kelompok tiang pada tanah granuler adalah sebagai berikut:

$$P_u = n \cdot Q_a \quad (13)$$

Untuk faktor efisiensi dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_u = n \cdot Q_a \cdot E_g \quad (14)$$

Dimana:

n = jumlah tiang dalam kelompok

Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang

E_g = Efisiensi Kelompok Tiang

Menurut ASCE Committee on Deep Foundation (1984) dalam buku Arifin (2008) menyarankan jarak antara tiang 2D-3D tidak memerlukan perhitungan efisiensi kelompok tiang.

2. Pembebanan Pondasi Tiang Pada Tanah Kohesif

Pada hasil perhitungan Q_a untuk tanah kohesif merupakan kapasitas ijin tiang tunggal. Dengan mengacu pada rumus pembebanan persamaan (12), maka kapasitas dukung kelompok tiang pada tanah kohesif adalah:

$$P_u = n(Q_b + Q_s) \quad (15)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif, yaitu menganalisis daya dukung pondasi pada struktur yang sudah dibangun yang kemudian dapat dikembangkan dan diperdalam dengan teori yang sudah ada. Perhitungan daya dukung pondasi bor dilakukan pada struktur *viewing deck* Puncak Waringin Labuan Bajo, guna memperdalam dan mengetahui kapasitas dukung pondasi terhadap kinerja dalam menopang beban struktur atas.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah pondasi pada struktur *viewing deck* Puncak waringin Labuan bajo yang merupakan bagian dari proyek peningkatan penunjang pariwisata dalam wilayah Labuan Bajo.

Adapun data teknis objek penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Dimensi bor *pile* : Bulat (Diameter = 0,6 m)
2. Mutu Beton : 30 MPa
3. Kedalaman *bore pile* : 6 m
4. *Boring log* : 1 titik untuk pengujian SPT
5. Tipe pondasi : Pondasi tunggal

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian struktur *Viewing Deck* Labuan Bajo, NTT



Gambar 14. Lokasi Penelitian

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa cara, diantaranya:

1. Wawancara, wawancara yang dilakukan adalah kepada pelaksana pekerjaan struktur *viewing deck* yaitu PT. Anugerah Nuansa Kasih (ANK). Wawancara yang dilakukan adalah menanyakan terkait dimensi dan pembebanan struktur yang ada berdasarkan fungsinya.
2. Dokumentasi pelaksanaan pekerjaan.
3. Studi literatur, mempelajari teori dan parameter yang berkaitan dengan daya dukung pondasi *bore pile*.

3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan melalui:

1. Membuat analisa pembebanan dan juga gaya-gaya yang bekerja dengan acuan pembebanan SNI dengan program SAP 2000
2. Menghitung kapasitas daya dukung pondasi bore pile berdasarkan data SPT
3. Menghitung kapasitas dukung pondasi dengan metode Meyerhof
4. Menghitung kapasitas dukung atau efisiensi kelompok tiang dengan metode Converse-Labarre dan Los Angeles

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Pembebanan SAP 2000

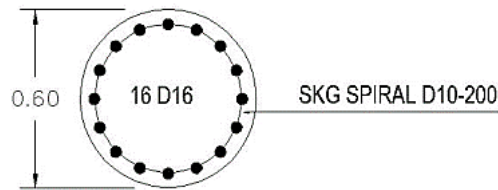
Analisis struktur meliputi beban-beban yang bekerja pada struktur dan perhitungan daya dukung tiang. Beban yang diperhitungkan adalah beban hidup dan beban mati. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan program SAP 2000. Analisis dilakukan dengan pemodelan dua dimensi yakni portal hasil proyeksi dari struktur yang menerima beban paling besar. Hasil analisis beban dengan program SAP 2000 adalah besaran gaya yang bekerja pada struktur yaitu gaya aksial. Gaya aksial yang bekerja akan dijadikan acuan beban yang diterima dan dipikul oleh pondasi.

4.2 Spesifikasi Bahan

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Mutu Beton | = 30 MPa |
| 2. Mutu Baja tulangan utama (BJTS) | = 420 MPa |
| 3. Mutu Baja tulangan Sengkang (BJTS) | = 240 MPa |
| 4. Paving block andesit (30 x 30) | = BJ (2650 kg/m ³) |
| 5. Tanah untuk tanaman | = BJ 1370 (kg/m ³) |

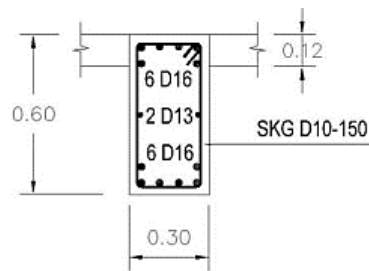
4.3 Spesifikasi Teknis

1. Dimensi Kolom (diameter) = 0,6 m



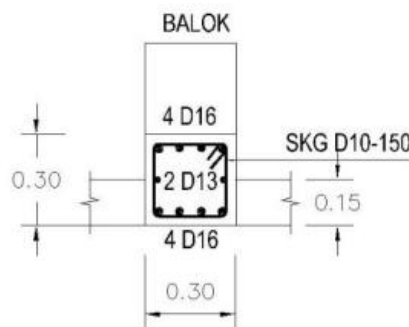
Gambar 15. Dimensi Kolom

2. Dimensi Balok Utama = 0,30 x 0,60



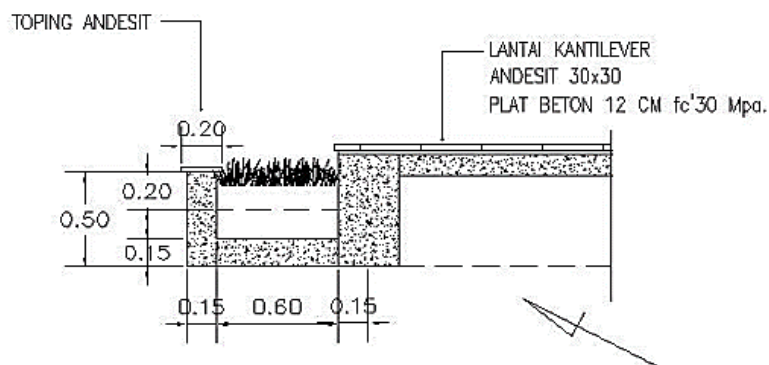
Gambar 16. Dimensi Balok Utama

3. Balok Pot Bunga = 0,30 x 0,30



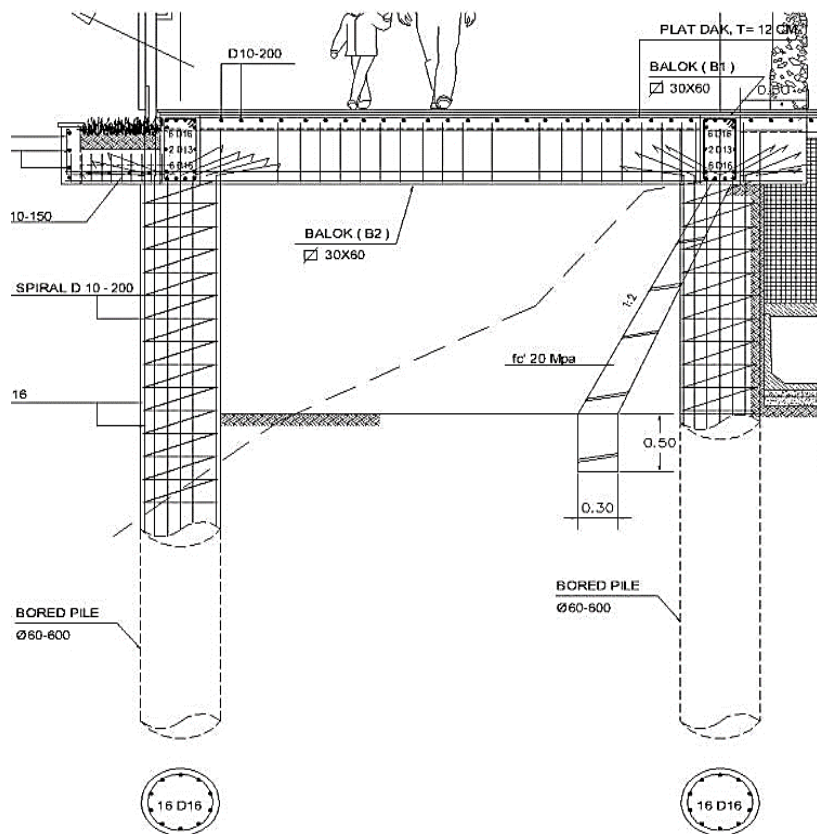
Gambar 17. Dimensi Balok Pot Bunga

4. Ketebalan Plat Lantai dan Andesit



Gambar 18. Detail Pelat Lantai dan Andesit

5. Pertemuan Atau Persambungan Antara Pondasi Dan Kolom



Gambar 19. Detail Sambungan Pondasi dan Kolom

Pondasi yang digunakan adalah pondasi bore pile tunggal untuk persambungan pada pelaksanaan di lapangan dengan mengikatkan tulangan *overstek* pondasi dan meneruskan ke kolom.

4.4 Beban Struktur yang Bekerja Pada Struktur *Viewing Deck*

Beban-beban yang bekerja mengacu pada peraturan pembebanan SNI 1727 : 2013. Beban yang diperhitungkan pada struktur *viewing deck* ini adalah beban mati dan beban hidup (beban aksial).

- 1) Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan yang dipasang pada struktur.
- 2) Beban hidup adalah beban yang diakibatkan berdasarkan fungsi gedung atau struktur yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban akibat lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban banjir atau beban mati. Selain beban hidup akibat hunian, pada analisi ini juga memasukan beban hujan, karena pelat lantai pada saat hujan akan berinteraksi langsung dengan pelat struktur, sehingga perlu diperhitungkan dalam pembebanan struktur yang ada.

Tabel 1. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum

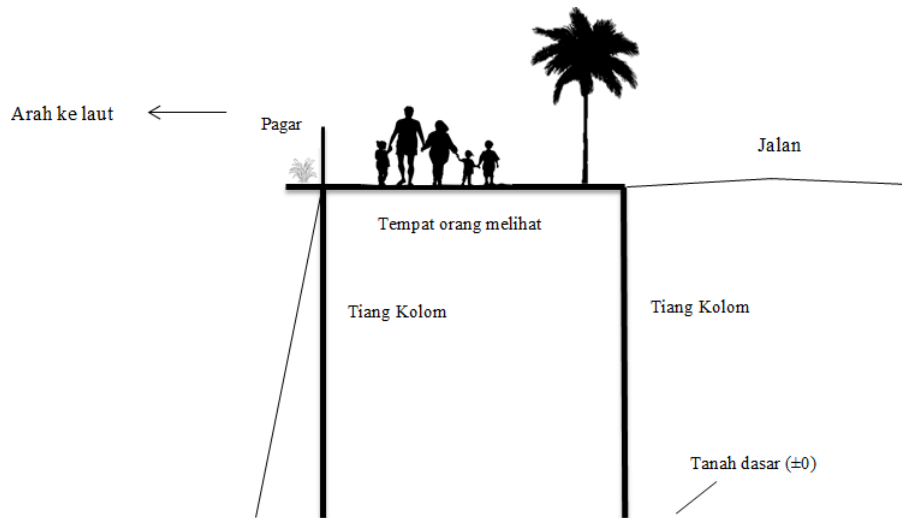
Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2 000 (8,9) 2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a,b,c}	

Sumber: SN1 1727 : 2013

Dalam menganalisis beban struktur tidak memperhitungkan beban lateral (beban angin dan gempa), hal ini dikarenakan kondisi struktur *viewing deck* dengan struktur yang tidak umum. Dalam hal ini struktur *viewing deck* masih dalam batasan struktur yang tidak diperhitungkan terhadap beban angin dan gempa. Adapun beberapa alasannya adalah sebagai berikut:

- Struktur *viewing deck* merupakan struktur terbuka (tanpa dinding dan atap), sehingga tidak diperhitungkan terhadap angin
- Ketinggian struktur 6,5 m, batasan untuk perhitungan angin dan gempa 10 m (SNI Pembebanan 1727:2013)

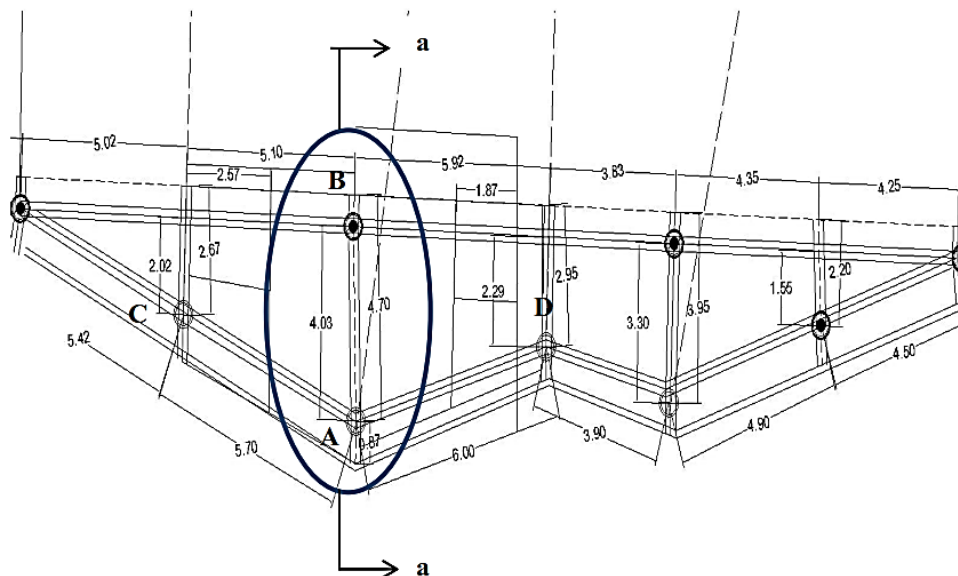
- c. Struktur *viewing deck* merupakan struktur yang tidak umum, sehingga perlu dikaji untuk analisis beban gempa.



Gambar 20. Sketsa Struktur *Viewing Deck*

4.5 Distribusi Pembebanan

Dengan merujuk pada gambar untuk beban-beban yang diinput di SAP dapat didefinisikan sebagai berikut:



Gambar 21. Segmen P2-P1 Acuan Perhitungan
sumber: AS Built Drawing

Segmen yang dijadikan acuan perhitungan adalah segmen P2-P1 dengan analisis dua dimensi yang diambil adalah portal dengan bentang terpanjang dengan panjang bentang 4,03 m. Portal tersebut dipikul oleh kolom A dan B (AS 5 pada gambar). Distribusi beban dengan memproyeksikan beban menjadi beban frame (kN/m) untuk beban balok sendiri dijadikan beban titik yang dipikul oleh masing-masing tiang kolom. Untuk setiap beban yang bekerja dikalikan dengan jarak atau bentang sepanjang 8,435 m. Jarak ini didapatkan dari rata-rata

perhitungan pendistribusian beban. Beban yang diinput di SAP dapat disesuaikan dengan Tabel 2. di bawah.

Tabel 2. Beban Mati yang Bekerja

Material	Ketebalan (m)	Berat jenis (kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Berat (kN/m ²)
Paving block Andesit	0,03	2260	68,7	0,67
Tanah pot bunga	0,15	1370	205,5	2,02
Pelat lantai	0,12	2400	288	2,82
Pelat lantai pot bunga	0,10	2400	240	2,35
Pagar besi galvalum	(0,02 x 0,04) m ²	7850	6,28 kg/m	0,062 kN/m
Balok 30/60	(0,3 x 0,6) m ²	2400	432 kg/m	4,24 kN/m
Balok penyangga tanah pot bunga	(0,15 x 0,2) m ²	2400	72 kg/m	0,71 kN/m

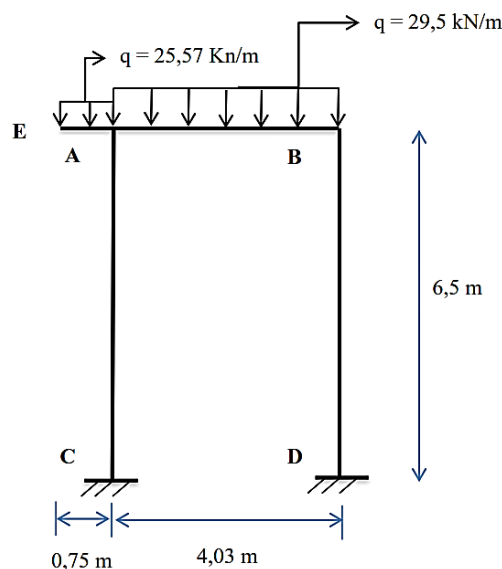
4.6 Beban yang di input di SAP

1. Beban Mati (berat Sendiri struktur)

Beban mati yang bekerja diasumsikan bekerja sepanjang portal yang dijadikan acuan perhitungan pembebanan, dimana beban akibat berat sendiri struktur tersebar secara merata baik dipikul balok utama dan balok pot bunga. Melalui hasil perhitungan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Beban Mati Input di SAP

Balok Utama (kN/m)	Balok Pot Bunga (kN/m)	Tiang AC (kN)	Tiang BD (kN)
29,5	25,57	40,15	50,1



Gambar 22. Distribusi Beban Mati

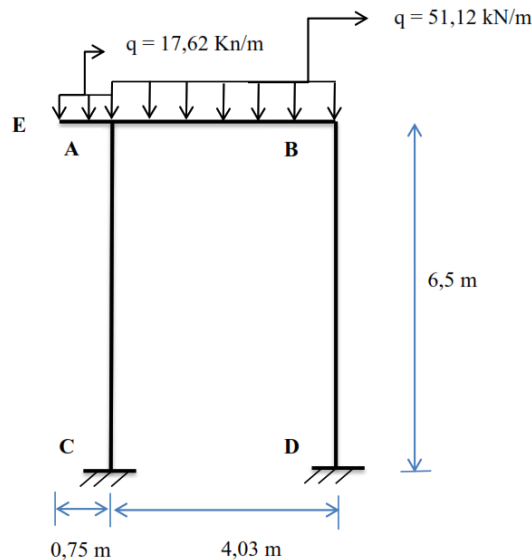
2. Beban Hidup

Pada struktur *viewing deck* beban hidup yang diperhitungkan adalah berdasarkan fungsi struktur yang ada dalam ketentuan SNI, selain itu beban juga diperhitungkan sebagai

beban yang langsung dipikul oleh struktur *viewing deck* (struktur terbuka/tanpa atap). Melalui hasil perhitungan didapatkan hasil yang tersaji pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Beban Hidup Input di SAP

Balok Utama (kN/m)	Balok Pot Bunga (kN/m)
51,12	17,62



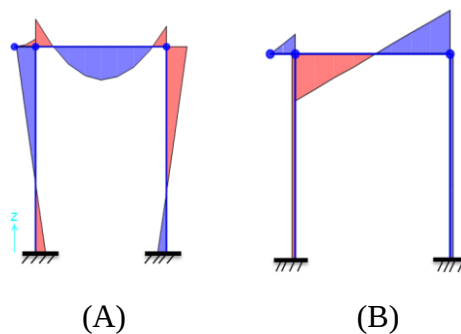
Gambar 23. Distribusi Beban Hidup

4.7 Pemodelan dan Hasil Pembebanan SAP 2000 v.18

Pemodelan SAP adalah dengan portal dua dimensi dengan dengan balok kantilever sejarak 0,75 m dari portal, dengan ketinggian tiang kolom adalah 6,5 m. Dari hasil pembebanan dengan pemodelan 2D untuk tiang yang dijadikan acuan perhitungan daya dukung pondasi tersaji pada Tabel 5. di bawah.

Tabel 5. Reaksi/Gaya Pada Join

Tiang (Yang menerima beban)	Gaya/Reaksi Pada Join (ton)
AC	42,83
BD	38,6



Gambar 24. Diagram Momen (A) dan Gaya Geser (B)

4.8 Hasil SPT Berdasarkan Pengujian Lapangan

Berdasarkan data pengujian lapangan diperoleh beberapa data dan hasil N-SPT yang dapat dilihat pada Tabel 6. di bawah.

Tabel 6. Hasil Uji Standard Penetration Test (SPT)

Kedalaman Tanah (m)	Karakteristik Tanah	N1 (15 cm)	N2 (15 cm)	N3 (15 cm)	N2 + N3
2	Tanah merah Kecoklatan sisipan batuan gamping lunak (kohesif)	4	6	9	25
4		10	13	17	30
6		21	25	28	53
8	Lempung coklat keabuan, sangat keras, sedikit pasir (non-kohesif)	29	55	40	95
10		55	60	60	120

Pada tanah pasir halus dan pasir kelanauan, saat penetrasi tabung belah SPT dimasukan akan menimbulkan tegangan air pori yang cukup besar. Hal ini dapat berakibat pada nilai N yang diperoleh lebih tinggi dari nilai yang sebenarnya. Oleh karena itu nilai N perlu dikoreksi. Koreksi yang dianjurkan oleh Terzaghi dan Peck (1948) adalah sebagai berikut:

$$N = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15)$$

Dengan $N = N$ SPT hasil koreksi

$N' = N$ SPT lapangan, bila $N' < 15$ nilai N tidak perlu dikoreksi

Berdasarkan data lapangan kedalaman pondasi yang ditinjau adalah pada kedalaman 6 m sehingga perhitungan daya dukung disesuaikan dengan data hasil pengujian tanah di lapangan. Perhitungan untuk daya dukung pondasi berdasarkan data N-SPT dihitung menggunakan metode Meyerhof dan metode Reese dan Wright. Untuk faktor keamanan (SF) yang digunakan adalah $3 > 2,5$. Jenis tanah yang sampai pada kedalaman 6 m adalah kohesif dan batuan gamping, sehingga pada perhitungan daya dukung perlu memperhatikan sifat dan jenis tanahnya.

4.9 Perhitungan Daya Dukung Pondasi *Bore Pile* Berdasarkan Data SPT

Perhitungan daya dukung pondasi *bore pile* berdasarkan data hasil pengujian tanah di lapangan yaitu pengujian SPT dihitung menggunakan metode Meyerhof dan metode Reese & Wright. Hasil perhitungan tersaji pada Tabel 7. di bawah.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Daya Dukung

Metode	Jenis Tanah	Daya Dukung (ton)	Beban Aksial (P) (ton)	Kesimpulan
Meyerhof		56,8	42,83	Ok
Reese & Wright	Tanah kohesif	38,78	42,83	Tidak Ok
	Tanah non kohesif	35,46	42,83	Tidak Ok

Berdasarkan perhitungan daya dukung pondasi *bore pile*, analisis daya dukung dengan metode Meyerhof sudah memenuhi ketentuan untuk memikul beban struktur di atasnya

dimana $P \leq n.Q_{ijin}$. Analisis daya dukung Reese & Wright menghitung daya dukung berdasarkan jenis tanahnya untuk kapasitas pondasi tiang tunggal tidak memenuhi atau tidak mampu menahan beban yang ada karena $P \geq n.Q$ ijin dengan nilai $42,83 \geq 38,78$ ton pada tanah kohesif.

Metode Reese & Wright dalam menganalisis daya dukung lebih memperhitungkan jenis tanah yang dilewati atau ditahan oleh pondasi tiang bor. Berdasarkan hasil pengujian tanah, tiang bor didukung oleh tanah jenis kohesif dan batuan gamping. Menurut Hardiyatmo (2015) dalam buku Analisis dan Perancangan Pondasi II menjelaskan bahwa, kemungkinan yang terjadi apabila pondasi melewati tanah jenis lempung atau lunak adalah adanya gesekan negatif.

Pada suatu kondisi tertentu sebagian atau seluruh tanah di sekitar/sepanjang dinding tiang bergerak ke bawah relatif terhadap tiang (tanah bergerak, tiang diam). Akibatnya tanah pada sisi tiang bergerak ke bawah, sehingga menambah beban yang didukung oleh tiang, gaya gesekan pada tiang yang bekerja ke bawah yang disebut gesekan negatif.

4.10 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang

Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok adalah untuk hasil daya dukung tanah berdasarkan metode Reese dan Wright dengan nilai Q_{ijin} adalah 38,78 ton, karena daya dukung dengan metode Meyerhof sudah memenuhi $Q > P$ dengan nilai $56,8 > 42,83$.

Dalam menganalisis daya dukung kelompok tiang tentunya juga memperhitungkan jumlah tiang yang diperlukan pada suatu titik kolom yang menggunakan beban aksial dengan kombinasi beban (beban terfaktor). Jumlah tiang yang diperlukan dihitung dengan membagi gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang. Dengan menggunakan Metode Formula Converse-Labarre dan Metode Los Angeles Group, didapatkan hasil perhitungan yang tersaji pada Tabel 8. di bawah.

Tabel 8. Daya dukung Kelompok Tiang

Metode	Beban (P)	Lapangan	Perhitungan
Converse-Labarre	42,83 ton	1 tiang 35,46 ton tidak Ok	2 tiang 74,5 ton Ok
Los Angeles-Group	42,83 ton	1 tiang 35,46 ton tidak Ok	65,92 ton Ok

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung pondasi bore pile pada struktur *viewing deck* Puncak Waringin Labuan Bajo, NTT dengan data pengujian tanah berdasarkan hasil

Standard Penetration Test (SPT) dan analisis pembebanan menggunakan program SAP 2000, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung pondasi *bore pile* berdasarkan metode Meyerhof adalah sebesar 56,8 ton, sedangkan daya dukung untuk metode Reese & Wright pada tanah kohesif adalah sebesar 38,78 ton. Hasil analisis pembebanan, beban yang bekerja adalah sebesar 42,83 ton. Berdasarkan hasil analisis daya dukung Meyerhof sudah memenuhi untuk menerima beban struktur yang ada, $42,83 \text{ ton} < 56,8 \text{ ton}$ ($P < Q$ ijin). Sedangkan dengan metode Reese & Wright daya dukung belum memenuhi dengan nilai $P > Q$ ijin ($42,83 \text{ ton} > 38,78 \text{ ton}$). Sehingga metode Reese & Wright perlu diperhitungkan kapasitas kelompok tiang.
2. Efisiensi kelompok tiang untuk daya dukung berdasarkan metode Reese & Wright dihitung dengan metode Converse-Labarre adalah sebesar 74,5 ton dan untuk metode Los Angeles Group adalah sebesar 65,92 ton. Berdasarkan perhitungan keduanya sudah Ok, dimana Converse- Labarre = $74,5 \text{ ton} > 42,83 \text{ ton}$ (Ok) dan Los Angeles Group = $65,92 \text{ ton} > 42,83 \text{ ton}$ (Ok)

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian adapun beberapa hal yang disarankan untuk perencanaan pondasi *bore pile* dan juga dari segi isi untuk peneliti selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dalam menganalisis daya dukung pondasi tiang tunggal perlu menggunakan metode analisis daya dukung yang lain untuk memperluas pengetahuan dalam menganalisis daya dukung pondasi *bore pile* pada objek penelitian yang sama seperti metode, Terzaghi, O'Neill.
2. Melakukan analisis perbandingan dengan pondasi yang lain pada objek penelitian yang sama, seperti pondasi tiang pancang.
3. Pada persambungan antara kolom dan pondasi sebaiknya diberikan perkuatan seperti balok *sloof* untuk mengikat beberapa kolom pada pondasi tunggal, karena pada persambungan pondasi dan kolom dalam proyek ini hanya menggunakan sambungan tulang *overstek* dari pondasi ke kolom.

DAFTAR REFERENSI

- Bowles, J. E. (1993). Analisis dan Desain Pondasi. Erlangga.
- Frick, Henz, & Setiawan, P. L. (2001). Ilmu Konstruksi Bangunan (Kanisius (ed.)).
- Hardiyatmo, H. . (2015). Analisis dan Perancangan Pondasi II. Gramedia Pustaka Utama.

- Jusi, U. (2018). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test). SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil, 1(2), 50–82. <https://doi.org/10.31849/siklus.v1i2.136>
- Rahardjo, P. P. (2000). Manual Pondasi Tiang. Program Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
- Tobing, D. L. (2019). Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile pada Proyek Pembangunan Gedung Wahid Hasyim Apartment Medan. 1–79.
- Wahyusep.(2012). Pondasi Strauss atau Bore Pile. <http://belajarsipil.blogspot.com/2012/06/pondasi-strauss-pile-atau-bored-pile.html>
- Yuliawan, E., & Sipil, M. (2018). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT dan Cyclic Load Test. Jurnal Konstruksia, 9(2), 1–13.