

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek pembangunan jalan tol dilakukan untuk memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang sehingga menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi. Dalam melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama dikerjakan ialah pekerjaan pondasi. Pondasi merupakan elemen struktur yang sangat penting dalam suatu bangunan di bagian paling bawah yang berhubungan dengan tanah. Pondasi juga memiliki tugas yang sangat penting dalam elemen struktur bangunan yaitu memikul seluruh beban struktur yang berada di atas dan diteruskan di bawah lapisan tanah. Jika tidak maka ada kemungkinan bangunan akan mengalami masalah.

Secara umum, pondasi dapat dibagi dua yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi dangkal biasanya digunakan untuk menahan konstruksi yang memiliki beban ringan, sedangkan pondasi dalam digunakan untuk konstruksi yang memiliki beban lebih berat. Adapun yang dinamakan daya dukung yang merupakan pendukung pondasi, dimana suatu pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban yang bekerja pada bangunan ke tanah yang disekitarnya. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu perencanaan yang matang untuk menghitung daya dukung pondasi.

Pada pembangunan proyek pondasi Jembatan Sei Wampu dengan menggunakan pondasi *bored pile* telah dilakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*) dimana merupakan salah satu kegiatan dalam bidang geoteknik yang dilakukan untuk memperoleh sifat dan karakteristik tanah untuk kepentingan rekayasa (*engineering*). Pada bagian ini akan dijelaskan hasil dari SPT (*Standard Penetration Test*) dan hasil laboratorium dengan menggunakan data penyelidikan tanah (*soil investigation*). Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini penulis menganalisis daya dukung pondasi secara analitis dengan menggunakan metode berbagai metode yang ada, misalnya metode Meyerhof.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana cara menghitung dan mengetahui besaran daya dukung pondasi secara analitis pada lokasi penelitian.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk mempermudah dalam melakukan analisis terhadap permasalahan yang ada perlu dilakukan pembatasan masalah. Pembatasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Tidak melakukan survey kendaraan.
- Tidak merencanakan struktur bangunan atas jembatan.
- Tidak melakukan survey hidrologi dan penyelidikan tanah.
- Tidak memperhitungkan biaya konstruksi.
- Tidak menghitung penulangan abutmen dan pondasi.
- Tidak menghitung stabilitas terhadap guling, geser dan penurunan.
- Tidak menghitung pembebanan jembatan, yaitu: beban primer (beban mati, beban hidup, beban kejut, beban akibat tekanan tanah lateral, beban gempa), beban sekunder (beban angin, gaya rem, gaya gesekan, dan kombinasi pembebanan).
- Tidak menghitung beban luar yang bekerja pada pondasi, diantaranya seperti berat sendiri, berat lalu lintas, beban angin, beban gempa.
- Desain pondasi menggunakan pondasi *bored pile* A2 (BH_01).
- Titik/tiang yang ditinjau pada lokasi penelitian adalah titik/tiang A2 (BH_01).

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam melakukan analisis, terdapat tujuan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menghitung dan menganalisis daya dukung pondasi secara analitis pada lokasi penelitian.
- Mengetahui hasil daya dukung pondasi secara analitis pada lokasi penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam melakukan analisis, adapun manfaat untuk mengatasi permasalahan yang ada. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Dapat memperoleh hasil analisis dan perhitungan daya dukung pondasi secara analitis pada lokasi penelitian.
- Dapat memperoleh hasil daya dukung pondasi secara analitis pada lokasi penelitian.

1.6 Sistem Penulisan

Untuk mempermudah dalam melakukan analisis terhadap permasalahan yang ada perlu dilakukan sistematika penulisan yang disusun dalam beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menggambarkan informasi awal dari keseluruhan penelitian ini yang berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistem penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori yang berhubungan dengan masalah yang dihadapi dan teori yang berhubungan dengan cara mengatasi masalah.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang data umum proyek penelitian, lokasi penelitian, metode penelitian, diagram alir penelitian.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil analisis daya dukung pondasi secara analitis berdasarkan data analisis.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi pernyataan singkat dan jelas yang disajikan dari analisa dan pembahasan yang berkaitan erat dengan menjawab tujuan penelitian serta saran yang dapat diberikan untuk melanjutkan penelitian yang sudah dikerjakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pondasi merupakan bagian penting dalam konstruksi bangunan. Pondasi harus direncanakan dan diperhitungkan dengan tepat agar dapat menjamin kestabilan bangunan sesuai dengan daya dukung yang diijinkan sehingga konstruksi mampu berdiri dengan sempurna tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan (*settlement*) tanah/pondasi yang berlebihan sehingga tidak mengakibatkan kerusakan pada bangunan.

Pondasi berfungsi untuk meneruskan beban yang berasal dari beban bangunan itu sendiri ataupun beban luar yang bekerja pada bangunan ke tanah yang ada disekitarnya. Beban dari struktur bangunan tersebut didistribusikan melalui kolom dengan intensitas tegangan yang di ijinakan menurut nilai daya dukung tanah. Struktur bawah sebagai pondasi juga secara umum dapat dibagi dalam dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan jenis pondasi ini tergantung kepada jenis struktur atas, apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat dan juga jenis tanahnya.

Dalam menentukan perencanaan pondasi suatu bangunan ada dua hal yang harus diperhatikan pada tanah yang ada di bawah pondasi, yaitu:

- Daya dukung pondasi yang direncanakan harus lebih besar dari pada beban yang bekerja pada pondasi tersebut baik beban statik maupun beban dinamikanya.
- Penurunan yang terjadi akibat pembebanan tidak boleh melebihi penurunan yang di ijinakan.

Di era perkembangan zaman yang semakin modern ini penggunaan pondasi *bored pile* semakin banyak karena beberapa alasan. Oleh sebab itu sangat menarik untuk meninjau perkembangan berbagai pemakaiannya dan pelaksanaan konstruksi jenis pondasi dalam ini, namun demikian pengalaman menunjukkan bahwa pada setiap pekerjaan pondasi *bored pile* muncul masalah-masalah spesifik dengan kondisi yang berbeda menyangkut segi pelaksanaan konstruksi maupun hal-hal yang menyangkut daya dukung tanah di lokasi proyek. Dalam pemilihan pondasi sangat dibutuhkan pengetahuan tentang jenis tanah, daya dukung dan

penurunan yang akan ditimbulkan dalam batas aman, pengendalian mutu menjadi salah satu kunci penting keberhasilan pondasi *bored pile*.

2.2 Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upperstructure/ superstructure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Fungsi dari pondasi adalah menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi yang tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat atau penurunan pondasi merata lebih dari batas waktu tertentu (Gunawan, 1993).

Beberapa persyaratan umum dari pondasi menurut Bowles (1983), adalah:

- Kedalaman haruslah memadai untuk menghindarkan pengeluaran bahan dalam arah lateral dari bawah pondasi khususnya pondasi telapak dan rakit.
- Kedalaman haruslah berada di bawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan dan pertumbuhan proyek.
- Sistem harus aman terhadap rotasi, penyorongan, atau perpecahan tanah.
- Sistem harus aman terhadap korosi atau kemerosotan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat di dalam tanah.
- Sistem harus memadai untuk menahan beberapa perubahan di dalam tempat yang terkemudian atau geometri konstruksi dan mudah dimodifikasi seandainya perubahan-perubahan kelak akan meliputi ruang lingkup yang besar.
- Pondasi haruslah ekonomis di dalam metoda pemasangan.
- Pergerakan tanah seluruhnya (umumnya lendutan-pampat) dan pergerakan differensial harus dapat ditolerir untuk kedua elemen pondasi dan elemen bagian bangunan di atas tanah.
- Pondasi dan konstruksinya, harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan

Menurut Bowles (1983), setiap pondasi yang tidak digolongkan sebagai pondasi dangkal, pondasi dalam, atau konstruksi tahan boleh disebut sebagai pondasi khusus (khas).

2.2.1 Pemilihan Jenis Pondasi

Menurut Nakazawa (2000), untuk memilih pondasi yang memadai perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan di lapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya. Hal-hal lain yang perlu dipertimbangkan yaitu:

- Keadaan tanah pondasi.
- Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (*superstructure*).
- Batasan-batasan dari sekelilingnya.
- Waktu dan biaya pekerjaan.

Nakazawa (2000) juga menjelaskan pentingnya batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya. Sebagai contoh penurunan jenis pondasi yang akan dipakai tergantung kepada apakah sifat bangunan itu mengizinkan atau tidak terjadinya penurunan pondasi. Akan tetapi dari segi pelaksanaan, terdapat beberapa keadaan dimana kondisi lingkungan tidak memungkinkan adanya pekerjaan yang baik dan sesuai dengan kondisi pada perencanaan. Hal ini dapat terjadi meskipun macam pondasi yang sesuai telah dipilih, dengan perencanaan yang memadai serta struktur pondasi telah dipilih itu dilengkapi dengan pertimbangan mengenai jenis tanah pondasi dan batasan struktur. Khususnya apabila pekerjaan pekerjaan konstruksi dalam kota menjadi begitu aktif, ada beberapa keadaan dimana metode konstruksi tertentu kadang-kadang dilarang ditinjau dari segi sudut gangguan umum (Nakazawa, 2000).

Menurut Thornburn dkk (1973), dalam memilih jenis pondasi ada beberapa faktor penentu yang menjadi pertimbangan, yaitu:

- Fungsi bangunan dan beban yang harus dipikul.
- Kondisi permukaan.
- Biaya pondasi dibanding dengan biaya bangunan.

Pemilihan jenis struktur bawah (*sub-structure*) yaitu pondasi, menurut Suyono (1984) harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- Keadaan tanah pondasi.
- Batasan-batasan akibat struktur di atasnya.
- Batasan-batasan keadaan lingkungan di sekitarnya.
- Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan.

2.2.2 Macam-Macam Pondasi

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

2.2.3 Penggunaan Pondasi *Bored Pile*

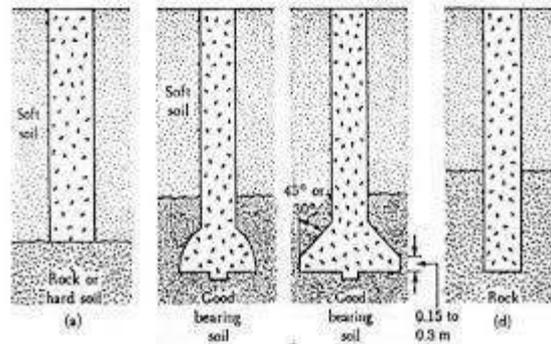
Pondasi *bored pile* adalah merupakan salah satu jenis pondasi tiang yang biasa digunakan pada konstruksi bangunan tinggi. Pemakaian pondasi *bored pile* adalah merupakan alternatif lain, bilamana dalam pelaksanaan pembangunan berada pada suatu lokasi yang sangat sulit atau beresiko tinggi apabila mempergunakan pondasi tiang pancang. Dari sisi teknologi, pemakaian pondasi *bored pile* ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain mobilisasi yang mudah, karena pondasi dicetak di tempat dan hanya membutuhkan alat boring serta perakitan tulangan, tidak mengganggu lingkungan atau bangunan di sekitarnya karena tidak menghasilkan getaran yang dapat merusak bangunan lain di sekitarnya. Hal ini merupakan salah satu pertimbangan penggunaan *pondasi bored pile* pada proyek Jembatan Sei Wampu yang berlokasi di Sungai Wampu yang dibangun di pinggir sungai dimana terdapat jalan dan jembatan rel kereta api disekitar proyek dan terdapat bangunan-bangunan perumahan masyarakat.

2.2.4 Jenis Pondasi *Bored Pile*

Pondasi *bored pile* diklasifikasikan sesuai dengan rancangan untuk meneruskan beban struktur ke lapisan tanah keras. Jenis dari *bored pile*, yaitu:

- *Bored pile* lurus untuk tanah keras.
- *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel.

- *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapezium.
- *Bored pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 2.1 Jenis pondasi *bored pile*

(Sumber: Das, 1995)

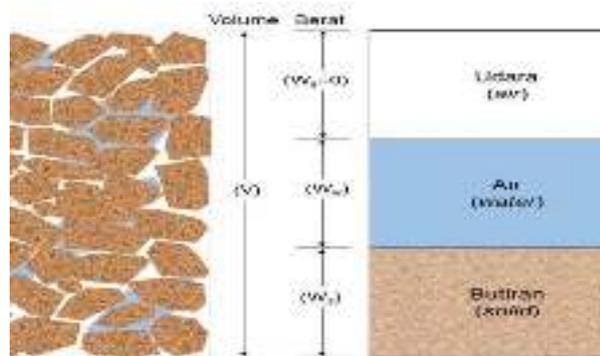
2.3 Tanah

Tanah adalah materi utama yang menerima sepenuhnya penyaluran beban yang ditimbulkan akibat konstruksi bangunan yang dibuat di atasnya. Tanah yang ada di permukaan bumi mempunyai karakteristik dan sifat yang berbeda-beda, sehingga hal ini merupakan suatu tantangan bagi perencana konstruksi untuk memahami perilaku tanah yang dihadapi dalam perencanaan konstruksi dengan jalan melakukan penyelidikan dan penelitian terhadap sifat-sifat yang dimiliki tanah yang tentunya hasilnya tidak mutlak, tepat dan benar. Akan tetapi paling tidak kita dapat melakukan pendekatan secara teknis yang dapat dipertanggungjawabkan akurasinya dalam perencanaan konstruksi.

Tanah harus sanggup memikul beban konstruksi tanpa terjadinya kegagalan geser (*shear failure*) dan dengan penurunan (*settlement*) yang dapat ditolerir (Bowles, 1991).

Komponen tanah terdiri dari 3, yaitu udara, air, dan butiran padat (*solid*). Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Dimana ruang di antara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Apabila ruang pori tanah terisi air seluruhnya maka dikatakan tanah dalam kondisi jenuh air (*saturated*). Bila ruang pori tanah terisi oleh air dan udara dikatakan tanah dalam kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Sedangkan tanah yang tidak mengandung air sama

sekali atau tidak memiliki kadar air maka kondisi tersebut dikatakan tanah kering (*unsaturated*). Diagram fase tanah seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Diagram fase tanah

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

2.3.1 Karakteristik Tanah

Das (1985) menjelaskan bahwa tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil separate size limits*).

- Kerikil adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral *quartz*, *feldspar*, dan mineral-mineral lain.
- Pasir sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.
- Lanau sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika.
- Lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain.

Istilah pasir, lempung, lanau, dan sebagainya, selain digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan, dapat juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus, seperti istilah “lempung” untuk jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, dan ”pasir” untuk jenis tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

2.3.2 Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) merupakan syarat yang harus dilakukan apabila akan membangun suatu bangunan bawah/pondasi. Informasi yang memadai sangat diperlukan untuk mengkaji berbagai kemungkinan dan segi ekonomis dari suatu proyek untuk perencanaan bangunan yang akan diusulkan. Kegiatan ini diharapkan memberikan informasi tentang kondisi tanah, jenis tanah, muka air tanah, lapisan struktur tanah dan sifat-sifat tanah untuk perencanaan pondasi.

Ada dua jenis penyelidikan tanah (*soil investigation*) yaitu penyelidikan lapangan (*in situ test*) dan penyelidikan laboratorium (*laboratory test*). Pemilihan jenis pengujian yang dilakukan sangat tergantung kepada jenis konstruksi yang akan dikerjakan pada lokasi. Jenis penyelidikan akan berbeda untuk bangunan tinggi, galian dalam (*deep excavation*), timbunan (*fill*), terowongan (*tunelling*), jalan raya (*highway*), bendungan, dermaga.

2.3.3 Penyelidikan Lapangan (*In Situ Test*)

Penyelidikan lapangan umumnya terdiri dari *machine boring*, SPT (*Standard Penetration Test*), CPT (*Cone Penetration Test*), DCP (*Dynamic Cone Penetration*), *Pressuremeter Test* (PMT), *Dilatometer Test* (DMT), *Field Permeability Test*. Penyelidikan lapangan dengan menggunakan mesin bor bertujuan untuk:

- Melihat lapisan tanah pendukung yang dilakukan secara visual.
- Mengambil sampel tanah terganggu maupun tak terganggu sampai kedalaman yang diinginkan, hal ini dilakukan untuk mendeskripsikan dan mengklasifikasikan tanah serta digunakan sebagai bahan pengujian laboratorium.

- Melakukan uji SPT yang akan menghasilkan nilai N-SPT. Uji SPT dilaksanakan tiap interval 2 atau 3 meter (sesuai kebutuhan).
- Mengamati dan mengukur Muka Air Tanah (MAT).

Salah satu pengujian lapangan yang dilakukan adalah uji SPT (*Standard Penetration Test*). Pengujian SPT bertujuan untuk menentukan kepadatan relatif dan sudut geser lapisan tanah tersebut dari pengambilan contoh tanah menggunakan tabung, jenis tanah dan ketebalan dari setiap lapisan tanah tersebut dapat diketahui, untuk memperoleh data yang kumulatif pada perlawanan penetrasi tanah dan menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkoheksi.

Uji ini dilakukan karena sulitnya memperoleh contoh tanah tak terganggu pada tanah granuler. Pada pengujian ini, sifat-sifat tanah pasir ditentukan dari pengukuran kerapatan relative secara langsung di lapangan. Pengujian untuk mengetahui nilai kerapatan relatif yang sering digunakan adalah uji penetrasi standar atau disebut uji SPT (*Standar Penetration Test*). Prosedur uji SPT tercantum dalam ASTM D 1586. Dalam investigasi besar, data SPT dapat dikalibrasi terhadap data spesifik lapangan dari tes triaksial dan tes lainnya. Tetapi untuk investigasi kecil, korelasi empiris mungkin menjadi satu-satunya cara menggunakan data SPT untuk menilai kekuatan. Selama bertahun-tahun, penggunaan luas SPT telah menyebabkan banyak korelasi empiris yang diterbitkan terkait nilai resistansi penetrasi-tanah N ke berbagai sifat rekayasa tanah. Kapasitas ultimit tiang dapat dihitung secara empiris dari nilai N hasil uji SPT melalui persamaan Meyerhof.

Selain itu pengujian SPT merupakan cara yang disukai untuk survei geoteknis untuk menentukan litologi bawah permukaan dan untuk mendapatkan daya dukung permukaan bawah permukaan. Pengeboran dan SPT memiliki data yang baik karena tes langsung ke tanah untuk mendapatkan data yang sebenarnya.

2.3.4 Penyelidikan Laboratorium (*Laboratory Test*)

Penyelidikan laboratorium umumnya terdiri dari *index properties (water content, specific gravity, atterberg limit, sieve analysis, unit weight)*, *engineering properties (direct shear test, consolidation test, triaxial test, permeability test, compaction test, CBR test)*.

Sampel tanah terganggu dan tidak terganggu diambil dari lapangan kemudian dibawa ke Laboratorium agar dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat pengenal (propertis indeks) dan sifat teknis (propertis teknik).

Metode pengujian yang dilakukan di laboratorium menggunakan metode standar, yaitu ASTM yang meliputi berbagai pengujian seperti dibawah ini (Das, 1986):

- Pengujian Index Properties terdiri dari: uji kadar air tanah, uji berat jenis tanah dan analisa saringan.
- Pengujian Engineering Properties terdiri dari: pengujian berat isi tanah dan uji geser langsung (*direct shear test*).

2.4 Daya Dukung

Daya dukung (*bearing capacity*) adalah kemampuan tanah di bawah dan sekitar pondasi untuk menahan beban yang bekerja dari struktur di atasnya. Daya dukung dan besarnya penurunan pondasi dapat dihitung berdasarkan data tanah dari pengujian laboratorium atau pengujian di lapangan. Pengujian tanah di laboratorium dilakukan untuk memperoleh nilai sifat fisis (*index properties*) dan sifat mekanis (*engineering properties*) tanah. Pengujian di lapangan yang sering dilakukan untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah adalah pengujian pembebanan (*loading test*). Berdasarkan pengujian pembebanan tersebut, besarnya daya dukung ultimit dan penurunan dapat diperkirakan.

2.4.1 Daya Dukung Tiang (Q_u)

Menurut Braja M. Das (1990) untuk menentukan daya dukung tiang ultimate tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (2.1)$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung tiang ultimate (kN, ton)

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN, ton)

Q_s = Daya dukung gesekan kulit/selimut tiang (kN, ton)

Setelah total daya dukung tiang ultimate ditentukan dengan menjumlahkan daya dukung ujung tiang dengan daya dukung gesekan kulit/selimut tiang, faktor yang wajar dari keselamatan harus digunakan untuk

mendapatkan kapasitas daya dukung yang diijinkan untuk setiap tiang. Menurut Braja M. Das (1990) untuk menentukan daya dukung tiang allowable/ijin adalah sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{Q_u}{FS} \quad (2.2)$$

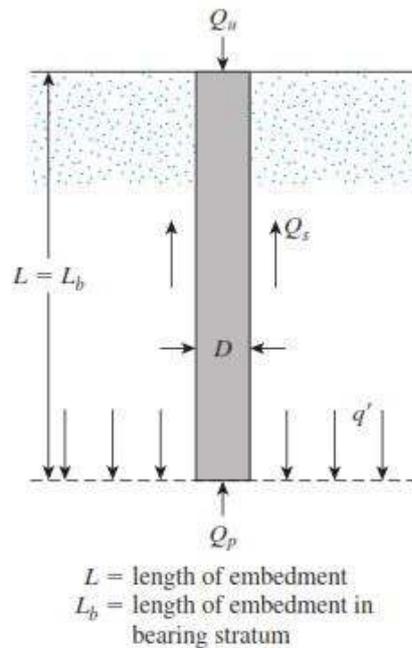
Dimana:

Q_a = Daya dukung tiang allowable/ijin (kN, ton)

Q_u = Daya dukung tiang ultimate (kN, ton)

FS = Faktor keamanan (= 2,5 s/d 4)

Banyak penelitian yang diterbitkan mencakup penentuan nilai-nilai dan ulasan terbaik dari banyak penyelidikan ini yang telah disediakan oleh peneliti misalnya Meyerhof.



Gambar 2.3 Daya dukung tiang tunggal

(Sumber: Das, 1990)

2.4.2 Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Menurut Braja M. Das (1990) untuk menentukan daya dukung ujung tiang dengan menggunakan persamaan Terzaghi untuk daya dukung ultimate dari pondasi dangkal sebagai berikut:

$$q_p = (1,3.c.N_c) + (q.N_q) + (0,4.\gamma.L.N_\gamma) \quad (2.3)$$

(untuk pondasi dangkal persegi)

$$q_p = (1,3.c.N_c) + (q.N_q) + (0,3.\gamma.L.N_\gamma) \quad (2.4)$$

(untuk pondasi dangkal melingkar)

Oleh karena itu, secara umum kapasitas daya dukung ultimate dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$q_p = (c.N_{c*}) + (q.N_{q*}) + (\gamma.L.N_{\gamma*}) \quad (2.5)$$

Karena lebar L tiang relatif kecil, istilah tersebut dapat dihilangkan dari sisi kanan persamaan sebelumnya tanpa menimbulkan kesalahan serius. Dengan demikian, persamaan daya dukung ultimit adalah sebagai berikut:

$$q_p = (c.N_{c*}) + (q.N_{q*}) \quad (2.6)$$

Perhatikan bahwa istilah q telah digantikan dalam persamaan untuk menandakan tekanan vertikal efektif. Jadi, untuk menentukan daya dukung ujung tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \times q_p = A_p \times (c.N_{c*} + q.N_{q*}) \quad (2.7)$$

Dimana:

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN)

A_p = Luas penampang tiang (m^2)

q_p = Tahanan ujung per satuan luas tiang (kN/m^2)

c = Kohesi tanah pada ujung tiang (kN/m^2)

q = Tekanan vertikal efektif ($= \gamma.L$) (kN/m^2)

γ = Berat volume tanah (kN/m^3)

L = Kedalaman tiang (m)

N_{c*}, N_{q*} = Faktor daya dukung (fungsi dari sudut geser tanah, ϕ)

Untuk menentukan nilai kohesi tanah pada ujung tiang dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Nilai kohesi tanah pada ujung tiang berdasarkan data laboratorium

| Kedalaman (m) | Kohesi Tanah, c (kN/m^2) |
|---------------|------------------------------|
| 0,00 – 19,50 | 8,21 |
| 19,50 - 30,00 | 10,35 |

(Sumber: PT. Hutama Karya Infrastruktur, 2022)

Terdapat korelasi dalam menentukan berat volume tanah yang dapat ditentukan berdasarkan N-SPT. Berat volume tanah dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Nilai korelasi berat volume tanah berdasarkan N-SPT

| | Very Loose | Loose | Medium | Dense | Very Dense |
|--|-------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------|
| N-SPT Berat | | | | | |
| Volume | 0 - 6 | 5 - 9 14 - | 10 - 25 | 26 - 45 | > 45 |
| Tanah, γ (kN/m³) | 11 - 16 | 18 | 17 - 20 | 17 - 22 | 20 - 23 |

(Sumber: Bowles, 1997)

Berikut adalah nilai sudut geser tanah dan nilai faktor daya dukung:

Tabel 2.3 Nilai sudut geser tanah

| Jenis Tanah | Sudut Geser Tanah, ϕ |
|--------------------|---|
| Kerikil kepasiran | 35° - 40° |
| Kerikil kerakal | 35° - 40° |
| Pasir padat | 35° - 40° |
| Pasir lepas | 30° |
| Lempung kelanauan | 25° - 30° |
| Lempung | 20° - 25° |

(Sumber: Farid Fahlevi, 2019)

Tabel 2.4 Nilai faktor daya dukung

| ϕ | N_c | N_q | N_γ | N_c^* | N_q^* | N_γ^* |
|-----------|-------|-------|------------|---------|---------|--------------|
| 0 | 5,7 | 1,0 | 0,0 | 5,7 | 1 | 0 |
| 5 | 7,3 | 1,6 | 0,5 | 6,7 | 1,4 | 0,2 |
| 10 | 9,6 | 2,7 | 1,2 | 8 | 1,9 | 0,5 |
| 15 | 12,9 | 4,4 | 2,5 | 9,7 | 2,7 | 0,9 |
| 20 | 17,7 | 7,4 | 5,0 | 11,8 | 3,9 | 1,7 |
| 25 | 25,1 | 12,7 | 9,7 | 14,8 | 5,6 | 3,2 |
| 30 | 37,2 | 22,5 | 19,7 | 19 | 8,3 | 5,7 |
| 34 | 52,6 | 36,5 | 35,0 | 23,7 | 11,7 | 9 |
| 35 | 57,8 | 41,4 | 42,4 | 25,2 | 12,6 | 10,1 |
| 40 | 95,7 | 81,3 | 100,4 | 34,9 | 20,5 | 18,8 |
| 45 | 172,3 | 173,3 | 297,5 | 51,2 | 35,1 | 37,7 |
| 48 | 258,3 | 287,9 | 780,1 | 66,8 | 50,5 | 60,4 |
| 50 | 347,6 | 415,1 | 1.153,2 | 81,3 | 65,6 | 87,1 |

(Sumber: Adma, 2020)

2.4.3 Daya Dukung Gesekan Kulit/Selimut Tiang (Q_s)

Menurut Braja M. Das (1990) untuk menentukan daya dukung gesekan kulit/selimut tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = A_s \times f \quad (2.8)$$

Dimana:

Q_s = Daya dukung akibat gesekan kulit/selimut tiang (kN)

A_s = Luas selimut pada ujung tiang (m^2)

f = Satuan perlawanan geser pada setiap kedalaman (kN/m^2)

Berbagai metode untuk memperkirakan dan dibahas dalam beberapa bagian berikutnya. Perlu ditegaskan kembali di lapangan untuk mobilisasi penuh resistensi titik ujung tiang harus melalui perpindahan 10 sampai 25% dari tiang lebar (atau diameter).

2.5 Metode Luciano Decourt

2.5.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Menurut Luciano Decourt (1987) untuk menentukan daya dukung ujung tiang berdasarkan data N-SPT diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \times N \times K \quad (2.9)$$

Dimana:

Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)

A_p = Luas selimut pada ujung tiang (m^2)

N = Nilai N-SPT pada ujung tiang

K = Nilai koefisien tanah (ton/m^2)

Untuk menentukan nilai koefisien tanah dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut.

Tabel 2.5 Nilai koefisien tanah berdasarkan metode Luciano Decourt

| Jenis Tanah | Nilai Koefisien Tanah, K (ton/m^2) |
|-------------------|--|
| Lempung | 12 |
| Lanau berlempung | 20 |
| Lanau berpasir | 25 |
| Pasir dan kerikil | 40 |

(Sumber: Ahmad, 2016)

2.5.2 Daya Dukung Gesekan Kulit/Selimut Tiang (Q_s)

Menurut Luciano Decourt (1987) untuk menentukan daya dukung gesekan kulit/selimut tiang berdasarkan data N-SPT diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = A_s \times (\bar{N} \times 3) + 1 \quad (2.10)$$

Dimana:

Q_s = Daya dukung akibat gesekan kulit/selimut tiang (ton)

A_s = Luas selimut pada ujung tiang (m^2)

\bar{N} = Nilai N-SPT rata-rata sepanjang tiang

2.6 Metode Meyerhof

2.6.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Menurut Meyerhof (1956) untuk menentukan daya dukung ujung tiang berdasarkan data N-SPT diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = 40 \times A_p \times N \quad (2.11)$$

Dimana:

Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)

A_p = Luas penampang tiang (m^2)

N = Nilai N-SPT pada ujung tiang

Adapun menurut Meyerhof (1976) untuk menentukan daya dukung ujung tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \cdot q \cdot N_{q^*} \text{ (untuk sand)} \quad (2.12)$$

$$Q_p = 9 \cdot c \cdot A_p \text{ (untuk clay)} \quad (2.13)$$

Dimana:

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN)

q = Tekanan vertikal efektif ($= \gamma \cdot L$) (kN/m^2)

N_{q^*} = Faktor daya dukung (fungsi dari sudut geser tanah, ϕ)

c = Kohesi tanah pada ujung tiang (kN/m^2)

A_p = Luas penampang ujung tiang (m^2)

Tabel 2.6 Nilai sudut geser tanah berdasarkan metode Meyerhof

| Φ | N_{q^*} |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| 20 | 12,4 | 26 | 29,5 | 31 | 68,2 | 36 | 168,0 | 41 | 420,0 |

| | | | | | | | | | |
|----|------|----|------|----|-------|----|-------|----|-------|
| 21 | 13,8 | 27 | 34,0 | 32 | 81,0 | 37 | 194,0 | 42 | 525,0 |
| 22 | 15,5 | 28 | 39,7 | 33 | 96,0 | 38 | 231,0 | 43 | 650,0 |
| 23 | 17,9 | 29 | 46,5 | 34 | 115,0 | 39 | 276,0 | 44 | 780,0 |
| 24 | 21,4 | 30 | 56,7 | 35 | 143,0 | 40 | 346,0 | 45 | 930,0 |
| 25 | 26,0 | | | | | | | | |

(Sumber: Das, 1990)

2.6.2 Daya Dukung Gesekan Kulit/Selimut Tiang (Q_s)

Menurut Meyerhof (1956) untuk menentukan daya dukung gesekan kulit/selimut tiang berdasarkan data N-SPT diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = 0,2 \times A_s \times \bar{N} \quad (2.14)$$

Dimana:

Q_s = Daya dukung akibat gesekan kulit/selimut tiang (ton)

A_s = Luas selimut pada ujung tiang (m^2)

\bar{N} = Nilai N-SPT rata-rata sepanjang tiang

2.7 Metode Vesic

2.7.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Menurut Vesic (1977) untuk menentukan daya dukung ujung tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \times \sigma'_o \times N_{\sigma}^* \quad (\text{untuk sand}) \quad (2.15)$$

$$Q_p = A_p \times c \times N_c^* \quad (\text{untuk clay}) \quad (2.16)$$

$$\sigma'_o = \left(\frac{1+2K}{3} \right) \times q \quad (2.17)$$

$$N_{\sigma}^* = \frac{3N_q^*}{(1+2K)} \quad (2.18)$$

Dimana:

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN)

A_p = Luas penampang tiang (m^2)

σ'_o = Tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau (kN/m^2)

N_{σ}^* = Faktor daya dukung berdasarkan persamaan

N_c^*, N_q^* = Faktor daya dukung (fungsi dari sudut geser tanah, ϕ)

c = Kohesi tanah pada ujung tiang (kN/m^2)

K = Koefisien tekanan tanah ($= 1 - \sin\phi$)

- q = Tekanan vertikal efektif ($= \gamma.L$) (kN/m^2)
 γ = Berat volume tanah (kN/m^3)
 L = Kedalaman tiang (m)

2.8 Metode Coyle dan Castello

2.8.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Menurut Coyle dan Castello (1981) untuk menentukan daya dukung ujung tiang diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = q \times N_q^* \times A_p \text{ (untuk sand)} \quad (2.19)$$

Dimana:

- q = Tekanan vertikal efektif ($= \gamma.L$) (kN/m^2)
 N_q^* = Faktor daya dukung (fungsi dari sudut geser tanah, ϕ)
 A_p = Luas penampang tiang (m^2)

2.9 Satuan Perlawanan Geser (f) Untuk Sand

Menurut Braja M. Das (1990) persamaan untuk satuan perlawanan geser untuk sand adalah:

$$f = K \cdot \sigma'_o \cdot \tan \delta' \quad (2.20)$$

Dimana:

- f = Satuan perlawanan geser pada setiap kedalaman (kN/m^2)
 K = Koefisien tekanan tanah ($= 1 - \sin\phi$)
 σ'_o = Tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau (kN/m^2)
 δ' = Sudut geser antara tanah dan tiang ($= 0,8\phi$)

Menurut Braja M. Das (1990) persamaan menentukan tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau diberikan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma'_o = \left(\frac{1+2.K}{3} \right) \times q \quad (2.21)$$

Dimana:

- K = Koefisien tekanan tanah ($= 1 - \sin\phi$)
 q = Tekanan vertikal efektif ($= \gamma.L$) (kN/m^2)
 γ = Berat volume tanah (kN/m^3)
 L = Kedalaman tiang (m)

2.10 Satuan Perlawanan Geser (f) Untuk Clay

Berdasarkan metode λ dimana metode ini dikemukakan oleh Vijayvergiya dan Focht (1972) yang didasarkan adanya perubahan tanah akibat tiang yang dipancang menyebabkan tekanan pasif pada setiap kedalaman, sehingga persamaan untuk satuan perlawanan geser untuk clay adalah:

$$f = \lambda \times (\sigma'_o + 2.c) \quad (2.22)$$

$$\sigma'_o = \sum \frac{A_s}{L} \quad (2.23)$$

Dimana:

f = Satuan perlawanan geser pada setiap kedalaman (kN/m²)

σ'_o = Tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau (kN/m²)

c = Kohesi tanah pada ujung tiang (kN/m²)

A_s = Luas selimut pada ujung tiang (m²)

L = Kedalaman tiang (m)

Tabel 2.7 Nilai λ berdasarkan kedalaman tiang

| L | λ | L | λ |
|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|
| 0 | 0,5 | 35 | 0,132 |
| 5 | 0,336 | 40 | 0,127 |
| 10 | 0,245 | 50 | 0,118 |
| 15 | 0,200 | 60 | 0,113 |
| 20 | 0,173 | 70 | 0,110 |
| 25 | 0,150 | 80 | 0,110 |
| 30 | 0,136 | 90 | 0,110 |

(Sumber: Das, 1990)

Berdasarkan metode α dimana metode ini dikemukakan oleh Tomlinson untuk tanah lempung dengan persamaan perlawanan geser kulit adalah:

$$f = \alpha \times c \quad (2.24)$$

$$\alpha = C \left(\frac{\sigma'_o}{c} \right)^{0,45} \quad (2.25)$$

)

Dimana:

c = Kohesi tanah pada ujung tiang (kN/m²)

σ'_o = Tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau (kN/m²)

$C = 0,4 - 0,5$ untuk *bored pile*

Berdasarkan metode β untuk tanah lempung dengan persamaan perlawanan geser kulit adalah:

$$f = \beta \times \sigma'_o \quad (2.26)$$

Dimana:

σ'_o = Tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau (kN/m^2)

$\beta = K (\tan \phi)$

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

$K =$ Koefisien tekanan tanah ($=1-\sin\phi$)

2.11 Efisiensi Kelompok Tiang (E_g)

Saat beberapa tiang yang berdekatan disatukan oleh suatu pile cap dan bekerja secara bersama-sama sebagai suatu kelompok tiang, perlu ditinjau besarnya daya dukung kelompok tiang tersebut terhadap besarnya beban yang bekerja. Stabilitas kelompok tiang tergantung dari dua hal, yaitu kapasitas dukungan tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur dan pengaruh penurunan konsolidasi tanah yang terletak dibawah kelompok tiang. Untuk menghitung daya dukung kelompok tiang kita dapat mendefinisikan sebagai perkalian antara kapasitas daya dukung satu tiang dengan banyaknya tiang dikalikan dengan efisiensi kelompok tiang.

Efisiensi tiang adalah nilai pengali terhadap kapasitas daya dukung tiang tunggal dengan memperhatikan pengaruh kelompok tiang. Pondasi kelompok tiang digunakan apabila beban yang harus ditumpu pondasi terlalu besar, dan tidak dapat lagi ditopang oleh pondasi tiang tunggal. Susunan dan jarak tiang berpengaruh pada hasil daya dukung fondasi kelompok tiang.

Metode *Converse-Labarre Formula* adalah salah satu metode yang populer dan salah satu metode yang sering dipakai untuk perhitungan efisiensi kelompok tiang. Metode ini menggunakan komponen pendekatan berupa nilai jumlah baris tiang, jumlah tiang, diameter tiang dan spasi konfigurasi kelompok tiang. Berikut ini adalah persamaan dari metode *Converse-Labarre Formula*:

$$E_g = 1 - \left[\frac{(n_1-1) n_2 + (n_2-1) n_1}{90 \times n_1 \times n_2} \right] \times \Theta \quad (2.27)$$

Dimana:

$E_g =$ Efisiensi kelompok tiang

n_1 = Jumlah tiang dalam satu baris

n_2 = Jumlah baris tiang

Θ = arc tan $[d/s]$ ($^\circ$)

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)

2.12 Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{agroup})

Berdasarkan (Geotechnical Engineering Center, 2013) untuk menentukan daya dukung kelompok tiang persamaan sebagai berikut:

$$Q_{\text{a group}} = E_g \times n \times Q_a \quad (2.28)$$

Dimana:

$Q_{\text{a group}}$ = Daya dukung kelompok tiang (kN)

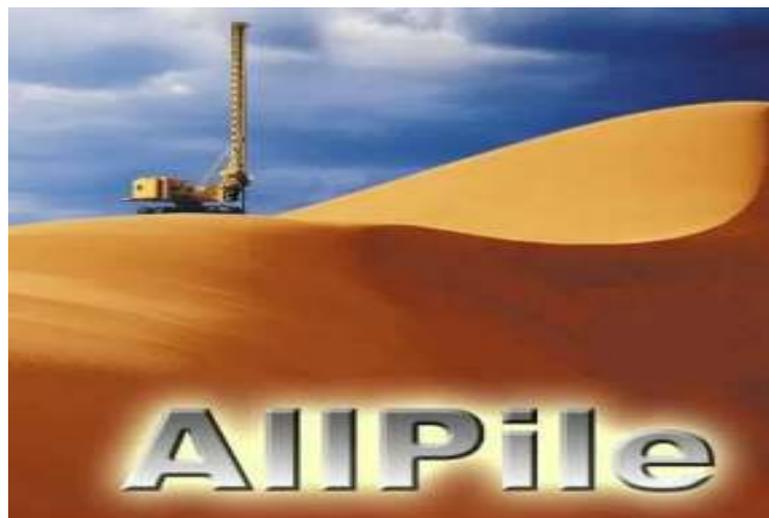
E_g = Efisiensi kelompok tiang

n = Jumlah banyaknya titik/tiang

Q_a = Daya dukung tiang allowable/ijin (kN)

2.13 Software All Pile

All Pile merupakan program analisis berbasis Windows yang menanggulangi nyaris seluruh tipe pile pancang, tercantum pipa baja, pile-H, beton pracetak tumpukan, tumpukan cor auger, poros dibor, tumpukan kayu, tumpukan jetted, tumpukan meruncing, dermaga dengan bel, mikropil (minipile), penaikan jangkar, serta pondasi dangkal.



Gambar 2.4 Software All Pile

(Sumber: All Pile, 2012)

Salah satu keunggulan utama All Pile dibanding tumpukan yang lain fitur lunak yang mencampurkan sebagian besar analisis tumpukan satu program. Ini menghitung kompresi (dengan penyelesaian), penaikan, serta kapasitas sumbu horizontal seluruhnya. Pengguna cuma butuh menginput informasi sekali, bukan sebagian kali dalam program yang berbeda All Pile membuat analisis pile jadi murah serta efektif waktu.

Berdasarkan program All Pile untuk menentukan daya dukung tiang hanya dapat menggunakan data N-SPT dengan parameter tanah yang digunakan ialah parameter berdasarkan program All Pile.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Data Umum Proyek Penelitian

Data umum proyek penelitian dari pembangunan Pondasi Jembatan Sei Wampu adalah sebagai berikut:

- Nama Proyek : Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Binjai-Pangkalan Brandan Zona 2
- Fungsi Bangunan : Jembatan
- Lokasi Proyek : Sungai Wampu
- Pemilik Proyek : PT. Hutama Karya (Persero)
- Konsultan Pengawas : PT. Indra Karya (Persero)
PT. Indah Karya (Persero)
- Kontraktor Pelaksana : PT. Hutama Karya Infrastruktur
PT. Indonesia Pondasi Raya Tbk
- Konsultan Penyelidikan Tanah: PT. Medan Geoteknik dan Struktur

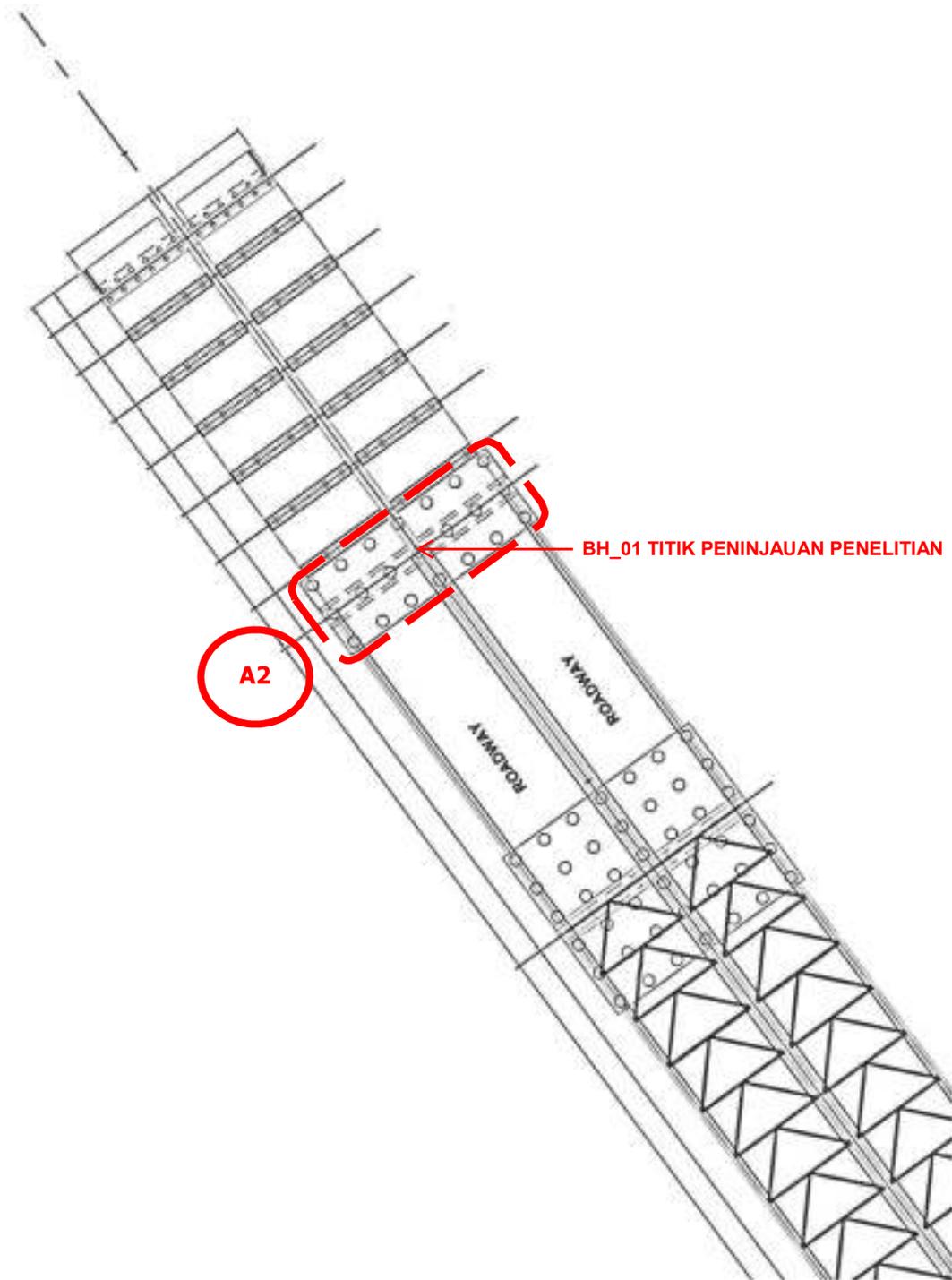
3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan titik penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Lokasi penelitian

(Sumber: PT. Hutama Karya Infrastruktur, 2022)



Gambar 3.2 Titik penelitian

(Sumber: PT. Hutama Karya Infrastruktur, 2022)

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode salah satunya adalah Meyerhof (1956) tentang daya dukung tiang khususnya *bored pile* berdasarkan data penyelidikan tanah (*soil investigation*) untuk perhitungan daya

dukung. Adapun metode *Converse-Labarre Formula* untuk perhitungan efisiensi kelompok tiang.

Untuk memudahkan perhitungan dan kelengkapan kajian pustaka maka analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi Microsoft Word, Microsoft Excel, dan beberapa literatur hingga referensi pustaka lainnya seperti jurnal-jurnal yang berasal dari sumber terpercaya.

Data penelitian yang dibutuhkan terkhusus untuk proses perhitungan diminta kepada pihak Kontraktor Pelaksana yakni PT. Hutama Karya Infrastruktur yang mengerjakan proyek. Data yang akan dikumpulkan untuk kebutuhan tugas akhir ini yaitu data sekunder diantaranya adalah data gambar pondasi, data hasil boring, data hasil N-SPT, data hasil laboratorium.

Berikut adalah langkah-langkah yang diambil oleh penulis untuk mengumpulkan data yang kemudian dianalisis dalam pengerjaan tugas akhir ini:

3.3.1 Tahap Persiapan (Studi Pustaka, Studi Literatur)

Pada tahap ini, penulis melakukan studi pustaka ataupun studi literatur yang memahami lebih dalam mengenai analisis daya dukung pondasi, dalam tugas akhir ini yang dibahas adalah pondasi *bored pile*.

3.3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, penulis menggunakan data sekunder dalam penelitian ini yang diperoleh dari pihak Kontraktor Pelaksana yakni PT. Hutama Karya Infrastruktur. Data-data tersebut meliputi:

- Data gambar pondasi *bored pile*.
- Data penyelidikan tanah (*soil investigation*).

3.3.3 Analisa Data

Pada tahap ini, data-data yang sudah diperoleh akan dianalisa. Dalam tugas akhir ini penulis menganalisis daya dukung pondasi menggunakan data N-SPT, data laboratorium.

3.3.4 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, penulis membandingkan hasil analisa dan pembahasan.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan langkah-langkah yang sudah dijelaskan di atas, maka dapat dibuat dalam diagram alir penelitian sebagai berikut:

