

Analisis Penyelidikan Tanah Box Culvert STA. 4+550 dan STA. 8+575 dengan Sondir Manual Paket I.4 – Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang

Tisara Sita^{1*}, Viktor Suryan², Putu Wisnu Ardia Chandra³

Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Daerah Jawa Tengah – DI Yogyakarta¹

Politeknik Penerbangan Palembang^{2,3}

*Correspondence: tisarasita@pu.go.id

Abstrak. Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang merupakan Proyek Strategis Nasional berupa kawasan industri yang sedang dikembangkan oleh Pemerintah Republik Indonesia. Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang terletak di dalam koridor ekonomi utara Jawa dan memiliki akses dengan Jalan Tol Trans Jawa dan jaringan kereta api serta *dry port* dan fasilitas pelabuhan di dalam kawasan sehingga membuat kawasan industri ini begitu strategis. Oleh karena itu, Paket I.4-Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang dibangun untuk menghubungkan jalan di Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang dengan jalan nasional atau jalan Pantai Utara (Pantura) serta jalan kabupaten. Pada pembangunan tersebut dilakukan penyelidikan tanah sebagai metode penentuan stratigrafi dan sifat fisik yang relevan dari tanah yang menjadi tempat didirikannya lokasi konstruksi. Tujuan dari prosedur ini yaitu menentukan apakah tanah tersebut sudah cukup kokoh untuk tempat mendirikan bangunan. Setelah dilakukan penyelidikan atau *soil investigation*, akan didapatkan data berupa gaya perlawanan tanah terhadap lapisan sondir atau konus. Selain itu, uji sondir juga dapat digunakan untuk menganalisa tingkat kedalaman pondasi yang harus diletakan, menghitung dengan detail daya dukung tanah asli, serta memilih tipe pondasi yang sesuai untuk digunakan. Lokasi Sta. 4+550 memiliki *Box Culvert* dengan tinggi timbunan yang cukup sehingga perlu dilakukan *replacement* sedalam -2,00 meter, sedangkan lokasi *Box Culvert* pada Sta. 8+575 tinggi timbunan lebih tinggi, maka memerlukan analisa daya dukung tanah dan penurunan sehingga membuat kedalaman *replacement* dan penggunaan pondasi *mini pile* dapat ditentukan.

Kata Kunci: penyelidikan tanah; *box culvert*; sondir manual; pembangunan jalan.

Abstract. *The Government of the Republic of Indonesia is developing the Batang Integrated Industrial Estate (KIT), a national strategic project in the shape of an industrial park. A particularly vital industrial region, the Batang Integrated Industrial Estate (KIT) is situated in the northern economic corridor of Java and has access to the Trans Java Toll Road, the rail network, as well as nearby dry ports and port facilities. In order to connect the roads in the Batang Integrated Industrial Estate (KIT) with district roads and national roads or North Coast roads (Pantura), Package I.4-Road Construction of the Batang Integrated Industrial Estate was constructed. In order to ascertain the pertinent stratigraphic and physical characteristics of the soil on which the construction site was built, a soil investigation was conducted during construction. This process is used to assess whether the soil is stable enough to support the construction of a building. Data will be gathered in the form of soil resistance forces against the sondir or cone layers following an investigation or soil study. The sondir test can also be used to determine the required foundation depth, to precisely determine the original soil's bearing capacity, and to choose the appropriate type foundation to use. Location of Sta. 4+550 has a Box Culvert with sufficient embankment height so that it needs to be replaced as deep as -2.00 meters, while the location of the Box Culvert is at Sta. 8+575 embankment height is higher, it requires analysis of soil bearing capacity and settlement so that the replacement depth and use of mini pile foundation can be determined.*

Keywords: *soil investigation; box culvert; manual sondir; road construction.*

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan memiliki peran strategis dalam mendukung konektivitas pertumbuhan ekonomi antar wilayah di Indonesia dan turut menjadi landasan bagi pengembangan kawasan industri. Menurut Keppres No. 41 Tahun 1996, kawasan industri merupakan tempat pemusatan aktivitas industri yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana yang dikelola oleh perusahaan industri itu sendiri. Kawasan industri menjadi sumber pemasukan suatu daerah untuk meningkatkan perekonomian masyarakat (Aryunda, 2011). Saat ini terdapat suatu Kawasan Industri Terpadu (KIT) yang merupakan kawasan industri yang terintegrasi dengan fasilitas transportasi,

ekonomi, dan lain-lain (Siswanto, Salim, *et al.*, 2022). Salah satu contohnya terdapat Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang di Kabupaten Batang.

Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang merupakan Proyek Strategis Nasional berupa kawasan industri yang sedang dikembangkan oleh Pemerintah Republik Indonesia. Proyek ini bertujuan agar wilayah Kabupaten Batang dapat meningkatkan perekonomian dan daya tarik tersendiri untuk berinvestasi di sektor pariwisata, industri, pertanian dan perikanan dengan memperhatikan kondisi lingkungan yang aman, nyaman dan produktif berkelanjutan (Nur Rafi *et al.*, 2022). Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang memiliki luas total 4300 ha, dan dirancang dengan konsep *smart and sustainable* (Mustakim, Wijaya and Yusuf, 2023). Kawasan ini terletak di dalam koridor ekonomi utara Jawa dengan aksesibilitas yang sangat baik. Kawasan ini memiliki akses Jalan Tol Trans Jawa dan jaringan kereta api serta *dry port* dan fasilitas pelabuhan di dalam kawasan sehingga membuat kawasan industri ini begitu strategis (Siswanto, Afif Salim, *et al.*, 2022).

Menurut Nugraha (2023) mengemukakan bahwa dalam Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang diklasifikasikan menjadi tiga klaster. Klaster 1 memiliki luas 3100 ha yang akan diperuntukan untuk industri otomotif dan peralatan industri tekstil dan kimia. Kemudian, klaster ke-2 memiliki luas 800 ha yang diperuntukan untuk industri makanan dan minuman, elektronik, dan perdagangan. Sedangkan, klaster ke-3 memiliki luas 400 ha yang diperuntukan untuk riset dan pengembangan serta komersial (Nugraha, Aji and Fauzia, 2023). Selain memiliki akses langsung dari Jalan Tol Trans Jawa, diperlukan akses dari Jalan Nasional Pantai Utara (Pantura) dan Jalan Kabupaten untuk meningkatkan aksesibilitas kawasan industri tersebut (Saputri *et al.*, 2022). Oleh karena itu, Paket I.4-Pembangunan Jalasan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang dibangun untuk menghubungkan jalan di Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang dengan jalan nasional atau jalan Pantai Utara (Pantura) serta jalan kabupaten.

Box Culvert merupakan suatu struktur saluran yang terbuat dari beton precast yang memiliki bentuk persegi, bulat, trapezium, dan lain-lain. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan pembangunan sebuah proyek (Aryadipo, Ali and Hendrizal, 2021). Box culvert memiliki spigot dan socket yang bertujuan agar struktur jalan dapat mencegah masuknya air tanah dan menyatu saat terjadi pergeseran tanah (Karnisah *et al.*, 2019). Selain itu untuk mengalirkan air di bawah jalan tanpa menghambat lalu lintas di atasnya. Penggunaan box culvert pada proyek Pembangunan jalan di Kawasan Industri Terpadu Kabupaten Batang adalah untuk meminimalisir genangan air di atas permukaan jalan ketika musim hujan berlangsung yang mampu memperpendek umur jalan yang menggunakan perkerasan lentur (Agustapraja and Kartikasari, 2017). Penerapan struktur box culvert ini terletak di sepanjang titik spesifik seperti Box Culvert Sta. 4+550 dan Box Culvert Sta. 8+575. Pada lokasi titik tersebut memiliki Box Culvert dengan timbunan yang cenderung tinggi. Sehingga, memerlukan penyelidikan tanah lebih lanjut untuk menentukan apakah tanah pada lokasi tersebut sudah cukup kokoh sebagai tempat mendirikan bangunan dan jalan. Menurut Cudoto (1994) mengemukakan bahwa sebelum sampel tanah berhasil dianalisis, konstruksi proyek tidak boleh dimulai. Hasil dari investigasi ini dapat mempengaruhi perkembangan proyek konstruksi di masa depan (Azizi and Salim, 2021). Oleh karena itu, sebelum melakukan pembangunan sangat penting dalam melakukan penyelidikan tanah.

Pada pembangunan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang dilakukan penyelidikan tanah yang merupakan langkah penting dalam proses konstruksi yang melibatkan analisis stratigrafi dan sifat fisik tanah di lokasi pembangunan dengan pengambilan sampel tanah (Krisantos Ria Bela and Paulus Sianto, 2022). Adapun tujuannya adalah (1) Menentukan sifat-sifat tanah yang terkait dengan perencanaan struktur yang akan dibangun di atasnya; (2) Menentukan kapasitas daya dukung tanah menurut tipe pondasi yang dipilih; (3) Menentukan tipe dan kedalaman pondasi; (4) Mengetahui posisi muka air tanah; (5) Memprediksi besarnya penurunan; dan (6) Menentukan besarnya tekanan tanah (Prayogo *et al.*, 2022). Proses penyelidikan tanah harus dilakukan untuk menganalisis karakteristik tanah di area yang akan dibangun. Metode penyelidikan tanah yang digunakan mencakup penentuan stratigrafi yang menganalisa struktur lapisan tanah dan bebatuan yang berada di lokasi tersebut, dan analisis sifat fisik untuk mengetahui daya dukung tanah dan karakteristik lainnya yang mempengaruhi stabilitas konstruksi (Nugroho, Tazakka and Tirta, 2019).

Menurut Terzaghi & Peck (1991) menyebutkan bahwa penyelidikan tanah (*soil investigation*) terdiri dari penyelidikan di lapangan (*in situ test*) dan penyelidikan di laboratorium (*laboratory test*) (Sari, Prihantono and Musalamah, 2019). Pada penelitian ini menggunakan kedua bentuk penyelidikan tanah yaitu dengan menggunakan sondir dan uji laboratorium. Penggunaan sondir

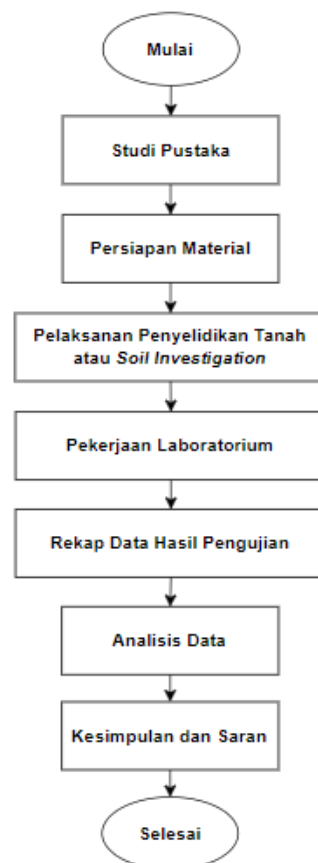
dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah asli dan data berupa gaya perlawanan tanah terhadap lapisan sondir atau konus. Selain itu, uji sondir juga dapat digunakan untuk menganalisa tingkat kedalaman pondasi yang harus diletakan dan untuk memilih tipe pondasi yang sesuai untuk digunakan (Asnur and Fardela, 2022). Selanjutnya akan dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui nilai dan grafik dari tahanan konus (*conus resistance*), lekatan setempat (*local riction*), jumlah hambatan lekat (*total fricion*), perbandingan geseran lokal dengan tekanan konus (*friction ratio*) (Tanuwijaya, Kawanda and Wijaya, 2019).

METODE

Pada penelitian ini dilakukan dengan studi lapangan dan laboratorium dengan metode eksperimental untuk menganalisa tahanan konus, lekatan setempat, jumlah hambatan lekat dan perbandingan geseran local dengan tekanan konus pada daerah yang akan dibangun (Rahman and Yogaswara, 2022). Pada data pada penelitian ini berupa data primer yang didapatkan dari pengujian laboratorium. Adapun tahapan yang dilakukan diantaranya :

1. Menganalisis studi pustaka dari penelitian sebelumnya.
2. Melakukan persiapan alat dan bahan yang diperlukan.
3. Pelaksanaan penyelidikan tanah atau soil investigation di lapangan.
4. Melakukan pengujian laboratorium terkait sampel tanah.
5. Melaksanakan rekap data hasil pengujian.
6. Menganalisis hasil penelitian.
7. Mendapatkan kesimpulan dari pengujian yang dilaksanakan.

Dalam metode ini terdapat diagram alir yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Sumber: Data Olahan (2023)

Berdasarkan prosedur pengujian yang tertera pada diagram alir sebagai persyaratan yang ditetapkan, maka akan diuraikan cara kerja dalam proses penyelidikan tanah. Paket I.4-Pembangunan

Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang berlokasi di empat desa, diantaranya : Desa Plelen, Desa Sawangan, Desa Ketanggan, dan Desa Kedawung, Kabupaten Batang, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Proyek Paket I.4-Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang
Sumber: Data Olahan (2023)

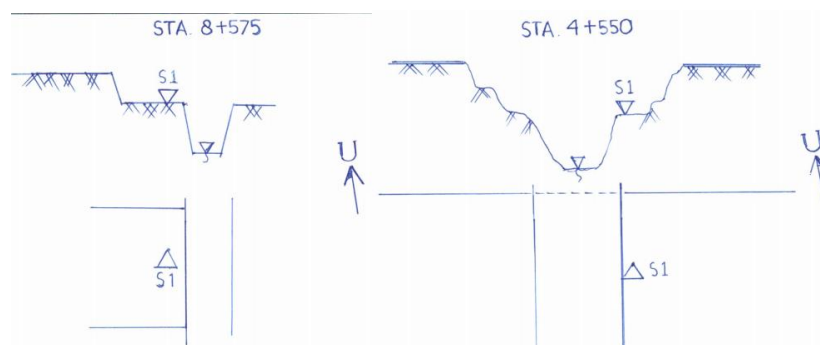
Penyelidikan Tanah

Pada penyelidikan tanah di lapangan menggunakan uji sondir yang memiliki korelasi prediktif terhadap kondisi, keadaan tanah, dan parameter yang dibutuhkan dalam perencanaan awal suatu proyek (Simorangkir, 2021). Dalam pekerjaan sondir alat yang digunakan adalah sondir ringan manual type *Gouda/Dutch Pnetrometer* dengan kapasitas 2,50 ton dan tahanan konus (*Conus Resistance*) $q_c = 250,0 \text{ kg/cm}^2$. Standar prosedur yang dipakai adalah PB 0101 – 76, SNI 03-2827-1992, dan ASTM D 3441. Pengujian sondir dilakukan dengan kecepatan konstan sebesar 2 cm/dt setiap interval 20 cm (Penanganan *et al.*, 2023). Alat yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut antara lain:

1. Alat sondir manual (keadaan baik) dengan kapasitas 2,50 ton;
2. Stang sondir sebanyak 25 batang dengan panjang masing-masing 1,00 meter;
3. Dua buah Manometer kapasitas 0 -60 kg/cm^2 dan 0 -250 kg/cm^2 ;
4. Masing-masing satu buah bikonus dan *single* konus;
5. Satu set angker yang terdiri empat buah angker serta besi kanal penunjang pekerjaan.

Gambar 3 menunjukkan sketsa situasi lokasi. Lokasi Box Culvert Sta. 4+550 dapat diamati pada Gambar 4, sedangkan untuk Lokasi Box Culvert Sta. 8+575 dapat dilihat pada Gambar 5. Tata cara pelaksanaan pekerjaannya (Weltman dan Head, 1981) adalah :

1. Mesin sondir dipasang dengan posisi tegak lurus dengan dasar tanah dan ditahan oleh angker dan besi kanal dalam keadaan stabil;
2. Oli dalam piston terisi penuh, selanjutnya stang dan konus dipasang, dan manometer sedang dalam kondisi baik;
3. Pembacaan dilaksanakan, pada penekanan pertama, dari ujung konus dan penekanan kedua adalah pembacaan ujung konus dan mantel;
4. Penekanan stang dilaksanakan pada setiap jarak kedalaman 20 cm;



Gambar 3. Sketsa Situasi Lokasi

Sumber: Data Olahan (2023)

5. Pekerjaan sondir dihentikan apabila:
- Pembacaan manometer tiga kali berurut-turut menunjukkan nilai konus (q_c) $> 200 \text{ kg/cm}^2$;
 - Pembacaan manometer menunjukkan nilai konus (q_c) kecil tetapi nilai total lekatan (jumlah hambatan pelek) besar ($> 100 \text{ kg/cm}^2$) sehingga mengakibatkan anker terangkat, maka kanal penahan diberi beban (pemberat);
 - Apabila pada kedalaman kurang dari 2,00 meter, maka untuk meyakinkan hasil sondir yang akurat alat sondir di geser sejauh $\pm 2,00$ meter;
 - Tetapi apabila kondisinya sama, maka pekerjaan dihentikan dan lapisan tanah dapat diyakini dalam kondisi padat atau keras (Mahmudi, 2023).



Gambar 4. Lokasi Box Culvert Sta. 4+550
Sumber: Data Olahan (2023)



Gambar 5. Lokasi Box Culvert Sta. 8+575

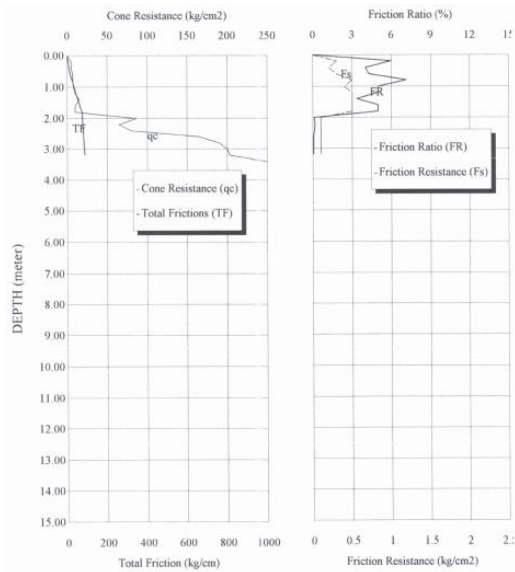
Sumber: Data Olahan (2023)

Hasil dan penggambaran grafik (Rahardjo, 1994) meliputi :

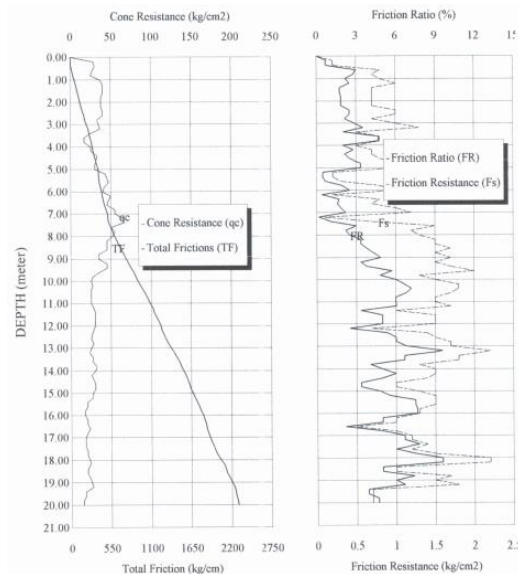
- Tahanan konus (*conus resistance*) terhadap kedalaman;
- Lekatan setempat (*local friction*);
- Jumlah hambatan lekat (*total friction*);
- Perbandingan geseran local dengan tekanan konus (*friction ratio*).

Pekerjaan Laboratorium

Setelah melakukan penyelidikan tanah di lapangan, peneliti perlu melakukan penyelidikan tanah di laboratorium dengan menghitung daya dukung tanah dengan metode uji fisik dan uji mekanik. Dalam uji fisik digunakan dalam menganalisa sifat fisik tanah dan uji mekanik untuk memperoleh sudut geser tanah (Pamungkas *et al.*, 2023). Dalam pekerjaan laboratorium yang telah dilakukan, didapatkan penggambaran grafik tahanan konus (*conus resistance*), lekatan setempat (*local friction*), jumlah hambatan lekat (*total friction*), perbandingan geseran lokal dengan tekanan konus (*friction ratio*) sehingga akan mendapatkan hasil dan kesimpulan terbaik dalam penelitian ini. Pada Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan grafik hasil uji laboratorium.



Gambar 6. Grafik 1 Box Culvert Sta. 4+550
Sumber: Data Olahan (2023)



Gambar 7. Grafik 2 Box Culvert Sta. 8+575
Sumber: Data Olahan (2023)

HASIL

Hasil penyelidikan tanah yang dilaksanakan pada pekerjaan Paket 1.4-Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang di Box Culvert STA. 4+550 dan STA 8+575-Kawasan Batang, Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang, Jawa Tengah dapat diuraikan sebagai berikut. Sondir ringan manual *type Gouda/Dutch Cone Pnetrometer* dengan kapasitas 2,50 ton dan tahanan konus (q_c) = 250,0 kg/cm². Jumlah titik ada dua yaitu S.1 (Box Culvert STA. 4+550) dan S.1 (Box Culvert STA. 8+575) yang letaknya ditentukan oleh pihak pemberi kerja.

Titik Sondir S.1 (Box Culvert Sta. 4+550)

Titik sondir S.1 (Box Culvert Sta. 4+550), kedalaman yang dapat dilaksanakan sampai kedalaman -3,50 meter dari permukaan tanah setempat dengan nilai tahanan kobus (q_c) = 250,0 kg/cm² dan total tahanan pelekat/geser (JHP) = 88,0 kg/cm². Pada kedalaman dari -0,20 meter sampai -1,80 meter terdapat lapisan lempung dengan konsistensi lunak sampai dengan nilai tahanan konus (q_c) antara 5,0 kg/cm² sampai 15,0 kg/cm². Kedalaman -2,00 meter sampai -3,50 meter terdapat tanah dengan konsistensi sangat kaku sampai keras dengan nilai tahanan konus (q_c) antara 65,0 kg/cm² sampai 250,0 kg/cm².

Titik Sondir S.1 (Box Culvert Sta. 8+575)

Titik sondir S.1 (Box Culvert Sta. 8+575), kedalaman yang dapat dilaksanakan sampai kedalaman -20,00 meter dari permukaan tanah setempat dengan nilai tahanan kobus (q_c) = 15,0 kg/cm² dan total tahanan pelekat/geser (JHP) = 2.294,0 kg/cm². Pada kedalaman dari -0,20 meter sampai -5,00 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi teguh sampai kaku dengan nilai tahanan konus (q_c) antara 17,0 kg/cm² sampai 35,0 kg/cm². Kedalaman -5,20 meter sampai -9,40 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi kaku sampai sangat kaku dengan nilai tahanan konus (q_c) antara 40,0 kg/cm² sampai 65,0 kg/cm². Kedalaman -9,60 meter sampai -20,00 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi teguh sampai kaku dengan nilai tahanan konus (q_c) antara 15,0 kg/cm² sampai 30,0 kg/cm².

Perhitungan Daya Dukung Tanah

Dalam melakukan perhitungan daya dukung tanah untuk pondasi dangkal dan pondasi dalam, terdapat formula dan metode yang digunakan agar memperoleh hasil terbaik. Berikut ini merupakan salah satu metode perhitungan daya dukung tanah :

1. Kapasitas Daya Dukung Izin Tanah q_{all} (kg/cm^2)

Berdasarkan hasil sondir dapat dihitung daya dukung izin tanah dengan menggunakan rumus empiris berdasarkan nilai tahanan konus (q_c) hasil sondir ringan (Milleda and Hidayati, 2023), sebagai berikut :

$$R_{uiteer} q_{all} = ((q_c / (15 - 40)) \times 5,14 + D) / FK \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas daya dukung izin tanah dapat diperhatikan pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Kapasitas Daya Dukung Tanah q_{all} (kg/cm^2)

Kedalaman (meter)	Sondir Box Culvert Sta. 4+550		Sondir Box Culvert Sta. 8+575	
	q_c rt. (kg/cm^2)	q_c rt. (kg/cm^2)	q_c rt. (kg/cm^2)	q_c rt. (kg/cm^2)
-1,00	8,40	0,72	33,00	1,62
-2,00	49,00	2,12	38,00	1,92
-3,00	199,60	8,59	31,60	1,59
-4,00			23,40	1,40
-5,00			36,00	1,84

Sumber: Data Olahan (2023)

2. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang (Mini Square Pile)

Perhitungan daya dukung tiang pancang bertujuan untuk memastikan tiang pondasi dapat menahan beban struktur dengan aman tanpa mengalami penurunan atau kegagalan yang signifikan, sehingga struktur pondasi dapat berdiri kokoh (Candra, 2017). Dalam hal ini perhitungan daya dukung tiang pancang dilakukan secara dimensional yang telah tertera pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Analisis Daya Dukung Tiang Pancang (Mini Square Pile)

Code Sample	Depth dari MT asli (M)	Daya Dukung Ijin Pondasi Tiang Mini Q (ton)		
		Dimensi (20 x 20)	Dimensi (25 x 25)	Dimensi (30 x 30)
		cm^2	cm^2	cm^2
S.1.8+575	-6,00	9,11	13,94	18,40
	-12,00	16,67	25,21	31,50
	-18,00	24,44	36,81	45,00

Sumber: Data Olahan (2023)

3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang berikut ini disajikan berdasarkan hasil sondir test (Sondir Manual Kapasitas 2,50 ton) yang diklasifikasikan menurut diameter pondasi tiang pancang yang tertera pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Code Sample	Depth dari MT asli (M)	Daya Dukung Ijin Pondasi Tiang Mini Q (ton)		
		Diameter 40 cm	Diameter 45 cm	Diameter 50 cm
S.1.8+575	-12,00	34,83	45,14	58,09
	-20,00	52,01	68,47	84,78

Sumber: Data Olahan (2023)

Pembahasan

Menurut penelitian Efran (2015) mengemukakan penyelidikan tanah merupakan suatu upaya memperoleh informasi tentang kondisi tanah, kedalaman tanah dan daya dukung tanah untuk mencegah agar proyek pembangunan gedung, jalan dan sebagainya tidak mengalami penurunan ketika struktur dibangun (Hamonangan, 2015). Pada penelitian ini, penyelidikan tanah di kawasan Paket I.4-Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang yang berlokasi di empat desa, diantaranya : Desa Pelen, Desa Sawangan, Desa Ketanggan, dan Desa Kedawung, Kabupaten Batang menggunakan sondir sebagai pengujian lapangan dalam memperoleh kualitas daya dukung tanah. Sondir yang digunakan adalah sondir ringan dengan standar PB 0101 – 76, SNI 03-2827-1992, dan ASTM D 3441. Di beberapa titik uji sondir Sta. 4+550 dan Sta. 8+575 memiliki Box Culvert dengan timbunan cukup tinggi. Box Culvert memiliki tujuan sebagai saluran drainase di bawah konstruksi

jalan yang berfungsi menekan terjadinya banjir di wilayah tersebut (Ardi Yansyah, Indriana Kusumastuti and Tugiono, 2016). Dalam pemasangan Box Culvert harus hati-hati dan menggunakan alat berat untuk menghindari pergeseran tanah ketika pemasangan sedang berlangsung. Pada titik pengujian sondir tersebut akan mendapatkan data kondisi tanah dan akan dilanjutkan kembali dengan pengujian laboratorium. Hal ini bertujuan untuk menganalisa sifat fisik dan mekanik dari tanah di lokasi uji. Hasilnya peneliti dapat mengetahui besaran tahanan konus, total tahanan lekat/geser dan gaya perlawanan tanah terhadap lapisan sondir serta tingkat kedalaman tanah uji.

Pada lokasi titik sondir S.1 (Box Culvert Sta. 4+550) yang diujikan hingga kedalaman -3,50 meter dari permukaan tanah setempat dengan nilai tahanan kobus (q_c) = 250,0 kg/cm² dan total tahanan pekat/geser (JHP) = 88,0 kg/cm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin dalam lokasi tanah, maka semakin tinggi nilai tahanan konus yang dihasilkan. Hal tersebut dapat diperhatikan pada Tabel 1, pada kedalaman 2,00 meter sampai -3,50 meter yang memiliki konsistensi tanah yang sangat kaku atau keras dengan nilai tahanan konus (q_c) antara 65,0 kg/cm² sampai 250,0 kg/cm². Kemudian pada lokasi titik sondir S.1 (Box Culvert Sta. 8+575) yang dilaksanakan hingga kedalaman 20,00 meter dari permukaan tanah setempat dengan nilai tahanan kobus (q_c) = 15,0 kg/cm² dan total tahanan pekat/geser (JHP) = 2.294,0 kg/cm². Sehingga didapatkan analisis lapisan tanah pada lokasi tersebut memiliki konsistensi teguh hingga kaku dengan nilai tahanan konus (q_c) antara 15,0 kg/cm² sampai 30,0 kg/cm² pada kedalaman -9,60 meter sampai -20,00 meter.

Pada proyek pembangunan jalan di Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang dianalisis daya dukung tanah pada kedalaman -1,00 meter sampai -5,00 meter. Penelitian ini memiliki hasil bahwa nilai q all terindeks mulai dari 0,72 kg/cm² sampai 8,59 kg/cm². Dalam lokasi Box Culvert Sta. 4+550 memiliki tinggi timbunan yang cukup sehingga diperlukan tindakan penggantian (replacement) dengan kedalaman -2,00 meter. Di sisi lain, Box Culvert pada lokasi Sta. 8+575 memiliki tinggi timbunan yang lebih signifikan. Oleh karena itu, diperlukan analisis daya dukung tanah dan perhitungan penurunan untuk menentukan kedalaman penggantian serta memilih jenis pondasi mini pile yang sesuai dengan kondisi tanah yang ada di lokasi tersebut.

Kapasitas daya dukung tanah mencerminkan kemampuan suatu tanah dalam menahan beban tanpa mengalami kegagalan dan deformasi. Dalam penelitian tersebut, kapasitas daya dukung tanah diukur untuk mendapatkan penggunaan tiang pancang yang efektif dalam menahan beban struktur yang membuat struktur pondasi dapat berdiri kokoh (Indah Sari and Winarti, 2022). Dalam analisis perhitungan tiang pancang yang akan diimplementasikan dalam pembangunan jalan di Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang dapat diperhatikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Pada tabel tersebut pengujian pada titik lokasi S.1.8+575 yang diukur dari permukaan tanah hingga kedalaman -20,00 meter disimpulkan bahwa semakin dalam lokasi tanah dibutuhkan daya dukung tanah ijin pondasi tiang pancang dengan perbandingan lurus antara diameter, dimensi dan tekanan tanah. Dengan demikian, peneliti dapat mengetahui jenis pondasi mini pile yang cocok diterapkan di daerah Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang yang efektif. Jenis pondasi mini pile ini memiliki peran untuk menstabilkan tanah terutama pada kondisi tanah lunak dan mendukung kestabilan pondasi yang dalam (Gazali et al., 2023).

SIMPULAN

Dari hasil penyelidikan tanah yang dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa secara umum untuk titik sondir manual S.1 (Box Culvert Sta. 4+550) menunjukkan pada kedalaman -3,50 meter telah ditemukan lapisan tanah yang konsistensinya keras dengan nilai q_c = 250,0 kg/cm² dan JHP antara 88,00 kg/cm². Pada kedalaman ±0,00 meter sampai -1,80 meter terdapat lapisan tanah yang lempung dengan konsistensi lunak sampai teguh dengan nilai q_c anatar 5,0 kg/cm² sampai 15,0 kg/cm².

Pada titik sondir manual S.1 (Box Culvert Sta. 8+575) menunjukkan pada kedalaman ±0,00 meter sampai -5,00 meter telah ditemukan lapisan tanah yang konsistensinya teguh sampai kaku dengan nilai q_c antara 17,0 kg/cm² sampai 25,00 kg/cm². Pada kedalaman -9,60 meter sampai -20,00 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi teguh sampai kaku dengan nilai q_c antara 15,0 kg/cm² sampai 30,0 kg/cm².

Kapasitas daya dukung tanah pada kedalaman -1,00 meter sampai -5,00 meter dapat dihitung secara empiris berdasarkan data sondir yaitu : $Q_{all} = \frac{q_c}{15-40} \times 5,14 + \gamma' \cdot D$ kg/cm², dengan hasil antara q

all = 0,72 kg/cm² sampai 8,59 kg/cm². Lokasi Sta. 4+550 memiliki Box Culvert dengan tinggi timbunan yang cukup sehingga perlu dilakukan *replacement* sedalam -2,00 meter, sedangkan lokasi Box Culvert pada Sta. 8+575 tinggi timbunan lebih tinggi, maka memerlukan analisa daya dukung tanah dan penurunan sehingga membuat kedalaman *replacement* dan penggunaan pondasi *mini pile* dapat ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 3441 : 2005 Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil
- Bowles, J. E., 1991. Analisa dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Coduto, D.P., 1994, *Foundation Design Principles and Practices*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Hendarsin, S.L., 1985, “*Geoteknik dan Mekanika Tanah: Penyelidikan Lapangan & Laboratorium*”, Nova, Bandung.
- Rahardjo, P.P., 1994, “*In Situ Test*”: *Interpretasi Parameter Tanah berdasarkan Hasil Uji Sondir*”, Pusat pelatihan MBT: Short course, Bandung.
- SNI 03-2827-1992, PB 0101 – 76 Kekuatan tanah dengan Sondir
- Terzaghi, K., Peck, R.B., 1991, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, Jilid kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Weltman, A.J., Head, J.M., 1981, *Site Investigation Manual*, Ciria, London.
- Agustapraja, H.R. and Kartikasari, D. (2017) ‘Studi Evaluasi Pekerjaan Struktur Box Culvert pada Proyek Pembangunan Jembatan Kucing Ruas Sukodadi – Sumberwudi Kabupaten Lamongan’, *UKaRsT*, 1(1), p. 50. Available at: <https://doi.org/10.30737/UKARST.V1I1.261>.
- Ardi Yansyah, R., Indriana Kusumastuti, D. and Tugiono, S. (2016) ‘Analisa Hidrologi dan Hidrolika Saluran Drainase Box Culvert di Jalan Antasari Bandar Lampung Menggunakan Program HEC-RAS’, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(1).
- Aryadipo, M.E., Ali, A. and Hendrizal, H. (2021) ‘Analysis of Quality Control with Method Statistical Proses Control (SPC) Box Culvert at PT. Lutvindo Wijaya Perkasa Pekanbaru’, *Jurnal Riset Manajemen Indonesia*, 3(1), pp. 70–80. Available at: <https://doi.org/10.55768/JRMI.V3I1.67>.
- Aryunda, H. (2011) ‘Dampak Ekonomi Pengembangan Kawasan Ekowisata Kepulauan Seribu’, *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 22(1), pp. 1–16.
- Asnur, H. and Fardela, R. (2022) ‘Soil Investigation Berdasarkan Uji Sondir di Kecamatan Harau Kabupaten Lima Puluh Kota’, *Rang Teknik Journal*, 5(1). Available at: <https://doi.org/10.31869/rtj.v5i1.2735>.
- Azizi, A. and Salim, M.A. (2021) ‘Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pada Proyek Gedung “Eka” Universitas Muhammadiyah Purwokerto’, *PROSIDING SEMINAR NASIONAL LPPM UMP*, 2(0), pp. 480–484. Available at: <http://seminaslppm.ump.ac.id/index.php/seminaslppm/article/view/191> (Accessed: 24 December 2023).
- Candra, A.I. (2017) ‘Analisis Daya Dukung Pondasi Strous Pile pada Pembangunan Gedung Mini Hospital Universitas Kadiri’, *UKaRsT*, 1(1), pp. 27–39. Available at: <https://doi.org/10.30737/UKARST.V1I1.83>.
- Gazali, A. et al. (2023) ‘Studi Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Mini Pile pada Pembangunan Gedung Kantor Dinas Satuan Polisi Pamong Praja Kabupaten Tapin’, *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 6(1), pp. 100–113. Available at: <https://doi.org/10.31602/JK.V6I1.11680>.
- Hamonangan, E.K. (2015) ‘Aplikasi Pengeboran Geoteknik (Geotechnical Drilling) sebagai Metode Penyelidikan Tanah Lapangan dalam Perencanaan Konstruksi Studi Kasus: Underpass Katamso Medan’, 1.
- Indah Sari, K. and Winarti (2022) *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Beton pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Di Kabupaten Deli Serdang*, *JTSIP*.
- Karnisah, I. et al. (2019) ‘Analysis of Drainage Capacity to Resolve Inundation Problem on Jend. H. Amir Machmud Street Cimahi City West Java Province’, *International Journal of GEOMATE*, 16(57). Available at: <https://doi.org/10.21660/2019.57.16095>.
- Krisantos Ria Bela and Paulus Sianto (2022) ‘Penyelidikan Tanah Menggunakan Metode Uji Sondir’, *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 2(1). Available at: <https://doi.org/10.30822/eternitas.v2i1.1755>.

- Mahmudi, A. (2023) 'Analisis Hasil Pengujian Sondir Untuk Mengetahui Kapasitas Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dan Bore Pile Terhadap Variasi Dimensi Di Lokasi Ubhara Surabaya', *INTER TECH*, 1(1). Available at: <https://doi.org/10.54732/i.v1i1.1023>.
- Milleda, R.Y.T. and Hidayati, N. (2023) 'Analisis Pekerjaan Penanganan Longsor pada Bahu Jalan Proyek Pembangunan Jalan Tol Jakarta-Cikampek II Selatan Paket 3', *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, pp. 249–254. Available at: <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/sipil/article/view/2718> (Accessed: 24 December 2023).
- Mustakim, C.M., Wijaya, A.P. and Yusuf, M.A. (2023) 'Analisis Perubahan Zona Nilai Tanah Tahun 2017-2022 Akibat Pembangunan Kawasan Industri Terpadu (Studi Kasus: Kecamatan Tulis, Kabupaten Batang)', *Jurnal Geodesi Undip*, 12(2), pp. 141–150. Available at: <https://doi.org/10.14710/JGUNDIP.2023.38081>.
- Nugraha, S.B., Aji, A. and Fauzia, H. (2023) 'Kajian Kesiapan Pemerintah Daerah Kabupaten Batang Dalam Menghadapi Proyek Strategis Nasional (PSN) Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang', *Inovasi*, 20(1), pp. 33–40. Available at: <https://doi.org/10.33626/INOVASI.V20I1.570>.
- Nugroho, A., Tazakka, M.S. and Tirta, B.A. (2019) 'Pentingnya Pelaksanaan Penyelidikan Tanah yang Tepat untuk Proyek Geoteknik di Kawasan Waterfront Area, Studi Kasus Jetty Dumai, Sumatera, Indonesia', *Prosiding TAU SNARS-TEK Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi*, 1(1), pp. 122–128. Available at: <https://www.jurnal.tau.ac.id/index.php/snartek/article/view/110> (Accessed: 24 December 2023).
- Nur Rafi, M. et al. (2022) 'Project Planning Proyek Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Kabupaten Batang', *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 3(4), pp. 27–32. Available at: <https://doi.org/10.33795/JOSMRK.V3I4.1083>.
- Pamungkas, B.P. et al. (2023) 'Analisis Pembangunan Rumah Sakit berdasarkan Data Sondir di Desa Waingapu, Nusa Tenggara Timur', *Prosiding Sains dan Teknologi*, 2(1), pp. 435–443. Available at: <https://jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/SAINTEK/article/view/2198> (Accessed: 24 December 2023).
- Penanganan, S. et al. (2023) 'Studi Penanganan Jalan Amblas di Desa Sumbernanas, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang', *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 11(2), pp. 113–128. Available at: <https://doi.org/10.33558/BENTANG.V11I2.6920>.
- Prayogo, K. et al. (2022) 'Penyelidikan Struktur dan Karakteristik Tanah untuk Desain Pondasi Irradiator Gamma Kapasitas 2 MCi', *Jurnal Perangkat Nuklir*, 10(1978).
- Rahman, A.N. and Yogaswara, D. (2022) 'Karakteristik Tanah di Daerah Tanjung Kamuning Garut', *Jurnal Konstruksi*, 20(2). Available at: <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-2.1230>.
- Saputri, A. et al. (2022) 'Dampak Eksternalitas Pembangunan Jalan Exit Tol Pekalongan-Batang Terhadap Kondisi Ekonomi Masyarakat Sekitar (Pasar Grosirsetono)', *Sahmiyya: Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 1(2), pp. 80–87. Available at: <https://e-journal.uingusdur.ac.id/sahmiyya/article/view/650> (Accessed: 21 December 2023).
- Sari, E.P., Prihantono, P. and Musalamah, S. (2019) 'Analisis Daya Dukung Tiang Aksial Tunggal dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji Pile Driving Analyze (PDA) pada Pekerjaan Pondasi Proyek Jakarta Box Tower', *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 14(2). Available at: <https://doi.org/10.21009/jmenara.v14i2.18119>.
- Simorangkir, S.P. (2021) 'Analisis Penyelidikan Tanah Perencanaan Pembangunan Pasar Baru di Penyabungan Kabupaten Mandailing Natal Sumatera Utara', *Buletin Utama Teknik*, 16(3), pp. 186–194. Available at: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/3780> (Accessed: 24 December 2023).
- Siswanto, A.B., Salim, M.A., et al. (2022) 'Analisis Perbandingan Pekerjaan Erection Girder Beam dengan Metode Launcher dan Crawler Crane Proyek Kawasan Industri Terpadu Batang', *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), pp. 23–36. Available at: <https://doi.org/10.56444/JTS.V15I2.217>.
- Siswanto, A.B., Afif Salim, M., et al. (2022) 'Analisis Perbandingan Pekerjaan Erection Girder Beam dengan Metode Launcher dan Crawler Crane Proyek Kawasan Industri Terpadu Batang', *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2). Available at: <https://doi.org/10.56444/jts.v15i2.217>.
- Tanuwijaya, E., Kawanda, A. and Wijaya, D.H. (2019) 'Studi Korelasi Nilai Tahanan Konus Sondir Terhadap Parameter Tanah pada Proyek di Jakarta Barat', *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), pp. 169–176. Available at: <https://doi.org/10.24912/JMTS.V2I4.6188>.