

# Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak

Kevin Kristiadi<sup>1</sup>, Clifford Charmen Wijaya<sup>2</sup>,  
Maria Wahyuni<sup>3</sup>, Rinda Karlinasari<sup>4</sup>

email: <sup>1</sup>officekevinkristiadi@gmail.com, <sup>2</sup>cliffordcharmen@gmail.com  
<sup>3</sup>maria@unika.ac.id, <sup>4</sup>rkarlinasari@gmail.com

<sup>1,2,4</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata  
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

<sup>3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata  
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

## Abstrak

Proyek Perumahan Mutiara Arteri yang terletak di Jalan Gajah Raya, Kecamatan Gayam Sari, Kota Semarang merupakan lokasi penelitian. Pemilihan lokasi berdasarkan pertimbangan bahwa tanah tersebut dahulunya merupakan sawah dan rawa-rawa dengan kondisi tanah yang kurang layak dijadikan lokasi pembangunan. Hal ini disebabkan kondisi tanah yang dilunakkan dan jenuh air sehingga berdampak adanya perubahan kondisi tanah menjadi tanah lunak. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui karakteristik tanah di lokasi penelitian, jangka waktu dan besar penurunan konsolidasi primer, daya dukung pondasi pada lokasi penelitian sebelum dan sesudah konsolidasi berdasarkan hasil uji CPTu dengan menggunakan program PLAXIS. Dalam penelitian ini pengujian tanah dibagi menjadi 2 kondisi yaitu dengan muka air pada kedalaman 2 meter (muka air asli) dan kedalaman 1,5 meter (saat kondisi hujan). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik tanah di lokasi penelitian pada kedalaman 0 – 2 meter merupakan tanah timbunan, 5 – 9 meter merupakan tanah pasir, sedangkan pada kedalaman > 9 meter merupakan tanah lempung berlanau dengan konsistensi *soft to medium*. Dengan kondisi muka air tanah pada kedalaman 2 meter sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengalami konsolidasi 50% ( $U_{50}$ ) adalah 1856 hari dengan penurunan lokal sebesar 64,07 cm, dan penurunan pondasi sebesar 4,65 cm. Saat terkonsolidasi 90% ( $U_{90}$ ), sehingga waktu yang dibutuhkan sebesar 3919 hari dengan penurunan lokal sebesar 70,96 cm, dan penurunan pondasi sebesar 6,3 cm. Saat terkonsolidasi 100% ( $U_{100}$ ), waktu yang dibutuhkan sebesar 6333 hari dengan penurunan lokal sebesar 72,21 cm, dan penurunan pondasi sebesar 6,74 cm. Saat sebelum dikonsolidasi besar daya dukung ijin sebesar 73 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung ultimate sebesar 270 kN/m<sup>2</sup> dan faktor keamanan sebesar 3,6; sedangkan setelah di konsolidasi besar daya dukung ijin sebesar 88 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung ultimate sebesar 300 kN/m<sup>2</sup> dan faktor keamanan sebesar 3,4. Pada kondisi muka air tanah pada kedalaman 1,5 meter waktu yang dibutuhkan untuk mengalami konsolidasi 50% ( $U_{50}$ ) adalah 1877 hari dengan penurunan lokal sebesar 63,35 cm, dan penurunan pondasi sebesar 5 cm. Saat terkonsolidasi 90% ( $U_{90}$ ), waktu yang dibutuhkan sebesar 4009 hari dengan penurunan lokal sebesar 71,57 cm, dan penurunan pondasi sebesar 6,97 cm. Saat terkonsolidasi 100% ( $U_{100}$ ), waktu yang dibutuhkan sebesar 6385 hari dengan penurunan lokal sebesar 73,02 cm, dan penurunan pondasi sebesar 6,74 cm. Saat sebelum dikonsolidasi besar daya dukung ijin sebesar 50 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung ultimate sebesar 248 kN/m<sup>2</sup> dan faktor keamanan sebesar 4,96; sedangkan setelah di konsolidasi besar daya dukung ijin sebesar 75 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung ultimate sebesar 290 kN/m<sup>2</sup> dan faktor keamanan sebesar 3,8. Semakin tinggi muka air tanah beban ijin akan turun, dan jangka waktu konsolidasi akan semakin lama.

**Kata kunci :** konsolidasi, tanah lunak, faktor keamanan.

## Abstract

The Mutiara Arterial Housing Project which is located on Jalan Gajah Raya, Gayam Sari District, Semarang City is the research location. The location selection was based on the consideration that the land was formerly rice fields and swamps with soil conditions that were not suitable for development. This is due to the condition of the soil being loosened and saturated with water so that it has an impact on changing the condition of the soil into soft soil. The purpose of the study was to determine the characteristics of the soil at the study site, the duration and magnitude of primary consolidation settlement, the bearing capacity of the foundation at the study site before and after consolidation based on the results of the CPTu test using the PLAXIS program. In this study, soil testing was divided into 2 conditions, namely with a water level at a depth of 2 meters (original water level) and a depth of 1.5 meters (during rainy conditions). The results of this study indicate that the soil characteristics at the research site at a depth of 0 – 2 meters are embankment soil, 5 – 9 meters are sandy soil, while at a depth of > 9 meters it is silty clay with soft to medium consistency. With the groundwater level at a depth of 2 meters, the time required for 50% consolidation ( $U_{50}$ ) is 1856 days with a local settlement of 64.07 cm, and a foundation settlement of 4.65 cm. When it is 90% consolidated ( $U_{90}$ ), the time required is 3919 days with local settlement of 70.96 cm, and foundation settlement of 6.3 cm. When it is 100% consolidated ( $U_{100}$ ), then the time required is 6333 days with local settlement of 72.21 cm, and foundation settlement of 6.74 cm. Prior to consolidation, the permit bearing capacity was 73 kN/m<sup>2</sup>, the ultimate bearing capacity was 270 kN/m<sup>2</sup> and the safety factor was 3.6; while after consolidation, the maximum allowable bearing capacity is 88 kN/m<sup>2</sup>, the ultimate bearing capacity is 300 kN/m<sup>2</sup> and the safety factor is 3.4. In groundwater conditions at a depth of 1.5 meters, the time required to experience 50% consolidation ( $U_{50}$ ) is 1877 days with a local settlement of 63.35 cm, and a foundation settlement of 5 cm. When it is 90% consolidated ( $U_{90}$ ), the time required is 4009 days with a local settlement of 71.57 cm, and a foundation settlement of 6.97 cm. When it is 100% consolidated ( $U_{100}$ ), the time required is 6385 days with a local settlement of 73.02 cm, and a foundation settlement of 6.74 cm. Prior to consolidation, the permit bearing capacity was 50 kN/m<sup>2</sup>, the ultimate bearing capacity was 248 kN/m<sup>2</sup> and the safety factor was 4.96; while after consolidation, the allowable bearing capacity is 75 kN/m<sup>2</sup>, the ultimate bearing capacity is 290 kN/m<sup>2</sup> and the safety factor is 3.8. The higher the groundwater level, the permit load will decrease, and the consolidation period will be longer.

**Keywords:** consolidation, soft soil, safety factor.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

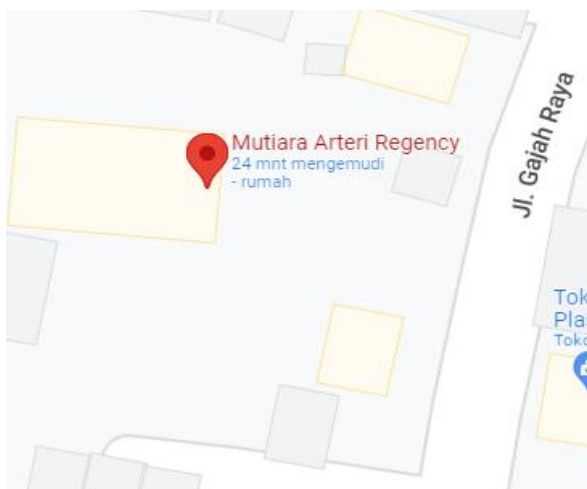
Dalam sebuah konstruksi ada beragam elemen yang berperan. Unsur pokok dari kekuatan pondasi dimulai dari tanah. Hal ini disampaikan pula oleh Bowles tanah merupakan bagian dari material konstruksi yang mampu diakses secara langsung di lapangan. Hal ini untuk menghindari timbulnya risiko akibat adanya kesalahan dalam perencanaan konstruksi. Tanah lunak sifat tanah yang kohesif yang memiliki presentase kadar air yang cukup

tinggi. Holtz, dkk., menyatakan karakteristik tanah lunak sebagian besar memiliki ukuran partikel yang sangat halus dan lolos ayakan No.200. Apabila beban konstruksi yang ditahan oleh tanah melampaui daya dukung kritisnya akan mengakibatkan kerusakan pada tanah yang menahan.

Hardiyatmo (2012) menyatakan bahwa alat CPT/CPTu merupakan alat penyelidikan tanah di lapangan yang dilakukan dengan cara menekan konus ke dalam tanah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai dukung pada tanah

sebagai dasar perancangan pondasi agar memiliki faktor keamanan yang tinggi.

Lokasi penelitian ini di perumahan Mutiara Arteri *cluster* C di Jalan Gajah Raya, Kota Semarang. Menurut pengamatan, lokasi Proyek Perumahan dan Ruko Arteri dahulunya merupakan rawa – rawa dan sawah kemudian akan dijadikan proyek pembangunan. Berdasarkan hasil penyelidikan di lapangan dapat diketahui bahwa konsistensi tanah di lokasi penelitian cenderung lunak dan sangat lunak, sehingga perlu dilakukan tahap konsolidasi, agar penurunan tidak terlalu besar dan daya dukung meningkat. Lokasi mutiara arteri terletak di Jalan Gajah Raya, dengan lokasi yang dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1 Lokasi Perumahan Mutiara Arteri**

(Sumber: <https://www.google.co.id/maps/pl>)

PLAXIS adalah program yang umum digunakan untuk menganalisis permasalahan konstruksi dibidang geoteknik. Program ini digunakan karena dapat memodelkan dan analisis sesuai dengan kondisi di lapangan dengan menggunakan metode elemen hingga.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dipenelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik tanah, jangka waktu dan besar penurunan konsolidasi primer serta daya dukung pondasi sebelum dilakukan konsolidasi dan setelah dilakukan konsolidasi dengan perbedaan muka air.

## 1.3 Batasan Masalah

Ada pun beberapa batasan - batasan masalah dari penelitian ini berupa:

1. parameter diambil berdasarkan hasil CPTu, uji lapangan, dan uji laboratorium.
2. Perhitungan dan analisis konsolidasi diambil dari potongan melintang yaitu potongan A - A
3. Bentuk pemodelan menggunakan program PLAXIS V8.6.
4. Membandingkan 2 kondisi yaitu pada muka air asli (2 meter) dan kedalaman 1,5 meter.
5. Membandingkan hasil penurunan konsolidasi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengentahui karakteristik tanah di lokasi, jangka waktu dan besar penurunan konsolidasi primer serta daya dukung pondasi dan setelah dilakukan konsolidasi dengan muka air yang berbeda yaitu pada kedalaman 1,5 meter dan 2 meter.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah

Elemen alam yang terletak dilapisan bumi dan terbentuk secara alami adalah tanah. Karakteristik dan ciri ciri tanah di tiap lokasi akan beragam, sehingga karakteristik tanah ini memiliki keunikan tersendiri. Menurut Dokuchaev (1870) bahwa tanah merupakan bagian dari

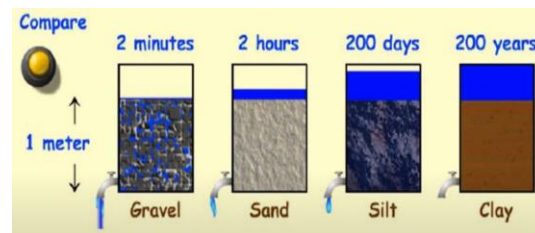
lapisan permukaan bumi yang masing masing terdiri dari material induk yang mengalami perubahan perubahan akibat organisme dari organisme maupun karena kondisi alam. Menurut Bowless (1989) jenis jenis tanah yaitu koloid, lempung, lanau, pasir, kerikil, berangkal dengan ukuran yang berbeda beda.

Untuk mengetahui jenis tanah dan karakteristik tanah, maka perlu dilakukan klasifikasi. Klasifikasi tanah dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu klasifikasi tanah berdasarkan USCS yang dilakukan di laboratorium dengan cara menggunakan persentase lolos saringan. Metode yang kedua adalah AASHTO yang umumnya digunakan untuk perkerasan jalan baik lapisan *subbase*, *subgrade* yang ditemukan pada tahun 1929 yang dilakukan dengan cara membagi tanah menjadi beberapa kelompok. Klasifikasi tanah ini berdasarkan beberapa kriteria seperti ukuran butiran dengan ukuran lolos ayakan ukuran 75 mm (3 in) untuk tanah butiran kerikil, No. 10 (2 mm) merupakan tanah pasir dan tertahan pada No. 200 merupakan tanah lempung maupun tanah lempung lunak. Yang kedua merupakan plastisitas. Jenis tanah menurut AASHTO dapat di baca melalui grafik hubungan antara batas cair, dan Indeks Plastisitas.

## 2.2 Tanah Lunak

Tanah dengan konsistensi lunak kurang direkomendasikan untuk bangunan, hal ini dikarenakan daya dukung yang dihasilkan akan rendah dan akan mengalami penurunan dalam jangka panjang. Tanah dengan konsistensi lunak memiliki gesekan antar partikel atau geser tanah yang jauh sehingga tanah tersebut memiliki void yang cukup besar. Air yang ada di daerah void tersebut akan mudah untuk dan mengisi void void tersebut, sehingga kekuatan di dalam tanah akan

berkurang. apabila tanah tersebut dilakukan penyelidikan lapangan seperti CPTu maka akan menghasilkan nilai tahanan ujung yang cukup kecil dengan nilai antara 1 – 10 kg/cm<sup>2</sup>. Menurut Hardiyatmo (1999), ciri-ciri dan karakteristik tanah lempung lunak dapat dilihat dari ukuran partikel butirannya, sifat konsolidasi, dan sifat permeabilitasnya. Untuk ukuran butirannya tanah lunak termasuk ke kategori tanah berbutir halus dengan ukuran < 0,002 mm. Untuk nilai permeabilitasnya tanah yang lunak memiliki permeabilitas < 10<sup>-5</sup> cm/detik dan bersifat kohesif. Kecepatan lolos air yang cukup kecil akan mengakibatkan proses penurunan konsolidasi akan memerlukan waktu yang cukup lama. Perbandingan kecepatan air tiap jenis tanah adalah sebagai berikut.



**Gambar 2 Waktu Perbandingan Lolos Air berdasarkan Jenis Tanahnya (Sumber: Zaika, 2012)**

Kecepatan lolos air dari tanah dengan waktu tercepat adalah tanah adalah tanah kerikil, hal ini disebabkan batuan kerikil memiliki pori pori tanah atau permeabilitas yang paling besar, sehingga air akan lebih mudah untuk lolos. Berbeda halnya dengan tanah lempung dengan kadar lolos air yang kecil, sehingga waktu yang dibutuhkan air untuk lolos akan membutuhkan waktu yang lama, hal ini diakibatkan karena tanah lempung memiliki pori yang cukup rapat sehingga permeabilitas tanah tersebut sangat kecil.

Holts dan Kovacs (1981) menyatakan bahwa deformasi tanah akan terjadi apabila suatu permukaan tanah tersebut akan terbebani oleh pondasi akibat dari beban struktur maupun beban timbunan material. Perubahan atau deformasi tanah secara vertikal disebut dengan penurunan tanah (*settlement*). Menurut Leonard (1962) tanah yang mengalami pembebanan dan terkonsolidasi maka penurunan tanah tersebut terbagi menjadi 2 tahap yaitu penurunan segera dan penurunan konsolidasi.

Menurut Leonard (1962) dalam Hardiyatmo (2010) tanah yang mengalami pembebanan dan terkonsolidasi maka penurunan tanah tersebut terbagi menjadi 3 tahap yaitu penurunan segera, penurunan konsolidasi primer dan penurunan konsolidasi sekunder. Penurunan segera merupakan penurunan tanah seketika yang diakibatkan karena tanah memadat. Penurunan konsolidasi primer merupakan penurunan tanah yang diakibatkan beban bekerja yang dipengaruhi oleh kecepatan air untuk meninggalkan pori tanah. Penurunan konsolidasi dibagi menjadi 3 kondisi yaitu normal konsolidasi, konsolidasi berlebih dan *under consolidation*. Persamaan penurunan konsolidasi dengan kondisi normal konsolidasi dapat dilihat pada persamaan 1.

$$S_{c(Normal)} = c_c \frac{H}{1+e_0} \log \left[ \frac{P_o' + \Delta p}{P_o'} \right] \dots \dots \dots (1)$$

Berdasarkan persamaan diatas penurunan konsolidasi dipengaruhi oleh indeks kompresi, angka pori mula – mula, tekanan mula mula efektif dan penambahan tegangan pada bangunan. Pada tahap konsolidasi berlebih dibagi menjadi 2 kondisi yaitu dimana  $p_1' < P_c'$  dan  $p_1' > P_c'$ . Persamaan penurunan

konsolidasi berlebih dapat dilihat persamaan 2 dan Persamaan 3.

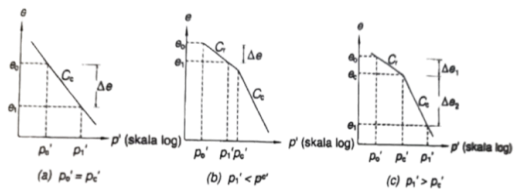
Apabila  $p_1' < P_c'$  maka:

$$S_c = c_r \frac{H}{1+e_0} \log \left[ \frac{P_o' + \Delta p}{P_o'} \right] \dots \dots \dots (2)$$

Apabila  $p_1' > P_c'$

$$S_c = c_r \frac{H}{1+e_0} \log \left[ \frac{P_o' + \Delta p}{P_o'} \right] + S_{c(Normal)} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan perbedaan grafik yang merupakan hubungan antara tekanan dan angka pori pada kondisi normal konsolidasi dan overkonsolidasi dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 3 Perubahan Tekanan Air Pori (Hardiyatmo, 2010)**

### 2.3 Daya Dukung Pondasi

Daya dukung tanah pada pondasi adalah kemampuan dari tanah yang berfungsi untuk mendukung beban bangunan yang berdiri di atas tanah tersebut. Sifat fisik dari tanah akan mempengaruhi, apabila tanah tersebut merupakan tanah lunak, maka daya dukung pada tanah tersebut akan semakin kecil. Nilai daya dukung ijin merupakan besarnya beban maksimum tiap 1 faktor keamanan 4.

$$q_i = \frac{q_{ult}}{FS} \dots \dots \dots (4)$$

menurut Hardiyatmo (2010) bahwa daya dukung ijin yang aman diambil berdasarkan penurunan yang mencapai 2,5 cm. Untuk menganalisa kapasitas daya dukung tanah maka perlu ditinjau beban yang akan dipikul oleh tanah secara

maksimum. Beban yang diperhitungkan adalah beban maksimum yang dapat ditopang oleh tanah tanpa mengalami keruntuhan dengan luasan tertentu yang disebut dengan beban ultimit (Hardiyatmo, 2010).

$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots \dots \dots (5)$$

Dengan kondisi keruntuhan geser umum (*general shear failure*) maka persamaan Terzaghi (1943).

$$q_u = \alpha c N_c + q N_q + \beta B \gamma N_\gamma \dots \dots \dots (6)$$

nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , merupakan koefisien yang didapatkan berdasarkan bentuk pondasi.

**Tabel 1 Nilai faktor dari bentuk pondasi**

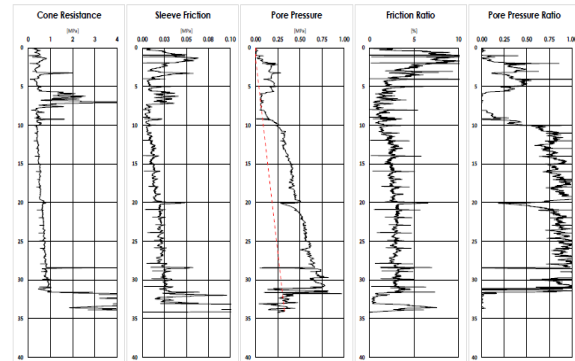
Bentuk Pondasi	$\alpha$	$\beta$
Pondasi Menerus	1	0,5
Pondasi bujur sangkar	1,3	0,4
Pondasi lingkaran	1,3	0,3

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

**2.4 Cone Penetration Test**

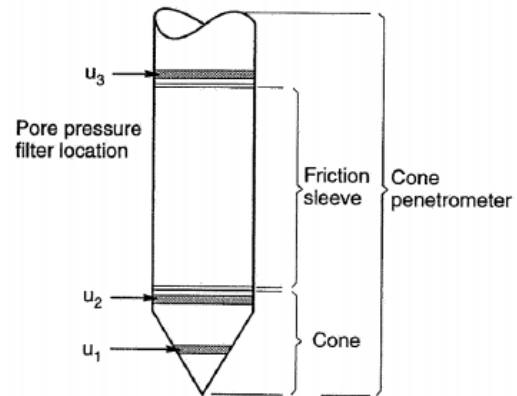
Salah satu jenis penyelidikan tanah yang digunakan untuk mengetahui keadaan tanah dan karakteristik tanah adalah CPT (*cone penetration test*) atau uji sondir. Alat ini ditemukan pada tahun 1917 dengan hasil parameter yang dihasilkan adalah tahanan ujung ( $q_c$ ), tahanan selimut ( $f_s$ ), Rasio gesekan dan gesekan total. Alat CPT berkembang hingga saat ini. Pada tahun 1970 CPT berkembang hingga alat tersebut dapat membaca tekanan air pori dari tanah dengan nama alat *Cone Penetration Test Ultimate* (CPTu). Alat CPTu diberikan batu pori yang bersifat jenuh yang berfungsi untuk membaca tekanan air pori. Pembacaan menggunakan alat CPTu ini meminimalisir kesalahan untuk tiap profil tanah, hal ini dikarenakan hasil pembacaan

ini langsung dikeluarkan melalui program yang terkait.



**Gambar 4 Hasil Grafik Pengujian CPTu (Sumber: Setiawan, 2017)**

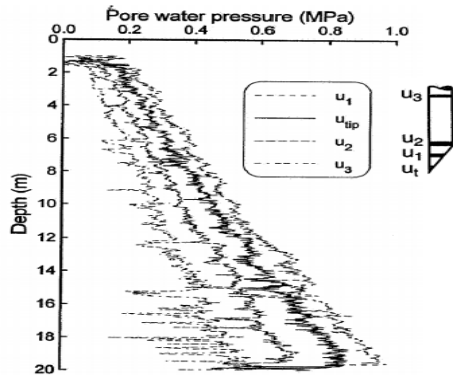
Pada konus CPT dan SPT sedikit berbeda dengan ilustrasi konus dan batu pori pada alat CPTu.



**Gambar 5 Konus dan Ilustrasi Batu Pori (Sumber: T. Lunne, 1997)**

Pembacaan tekanan air pori terbesar akan diukur berdasarkan area ujung konus yang memiliki tegangan tekan maksimum. Pada bagian silinder yang terletak di atas ujung konus tersebut merupakan area yang melepas tegangan tekan (*stress relief*) dan pada kedua area tersebut termasuk ke dalam area tegangan geser yang tinggi. Nilai tekan yang tinggi akan berpengaruh

terhadap hasil pembacaan tekanan air pori pada bagian ujung konus ( $u_1, u_2$ ).



**Gambar 6 Grafik pembacaan tekanan Air Pori pada tekanan  $U_1, U_2$ , dan  $U_{tip}$**   
(Sumber: Powell, dkk., 1989)

Hasil parameter yang dihasilkan dari CPTu kemudian dikorelasikan dengan persamaan empiris untuk menghasilkan parameter yang akan diinputkan menggunakan program PLAXIS seperti, modulus elastisitas, angka *poisson ratio*.

**Tabel 2 Modulus Elastisitas dan Tahanan Ujung**

Jenis Tanah	Modulus Elastisitas
Pasir terkonsolidasi normal	$(2-4) \times q_c$
Pasir terkonsolidasi berlebih	$(6-8) \times q_c$
Pasir lempung	$(3-6) \times q_c$
Pasir lanau	$(1-2) \times q_c$
Lempung lunak	$(3-8) \times q_c$

(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Nilai dari modulus elastisitas tanah diambil berdasarkan pendekatan empiris dari nilai tekanan ujung pada CPTu dan jenis tanah nya.

**Tabel 3 Angka Poisson Ratio Berdasarkan Jenis Tanah**

Jenis Tanah	Poisson Ratio ( $\mu$ )
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1
Batuan	0,1 – 0,4

(sumber: Hardiyatmo, 2014)

## 2.5 Analisis Konsolidasi Tanah Menggunakan PLAXIS

*PLAXIS* merupakan suatu program dalam bidang geoteknik untuk memodelkan tanah dan mensimulasikan perilaku dari tanah. Program tersebut menggunakan metode elemen hingga yang berfungsi untuk menganalisis pemodelan yang dibuat dan dibutuhkan. Analisis dilakukan dengan melakukan tahapan *input* data dan pengaturan kalkulasi data dan *output* yang dihasilkan.

### Masukan Data PLAXIS

Data yang perlu dimasukkan saat membuat pemodelan menggunakan aplikasi *PLAXIS* berupa pemodelan sesuai dengan lapisan tanah, pemilihan suatu opsi, dan pengisian parameter tanah, parameter beban. *Input* berupa penggambaran model pada *PLAXIS* contohnya penggambaran stratigrafi tanah, sedangkan *input* berupa pemilihan suatu opsi pada *PLAXIS* misalnya pemilihan material model *Soft Soil Model Input* berupa pengisian suatu nilai contohnya pengisian nilai parameter tanah

### Kalkulasi PLAXIS

Tahap kalkulasi data dilakukan setelah tahap masukan pada *PLAXIS* dengan beberapa pengaturan analisis sesuai analisis yang diperlukan. Beberapa kalkulasi yang dilakukan pada *PLAXIS* yaitu *plastic*

calculation, consolidation analysis, Plastic calculation digunakan untuk menghitung deformasi elastis-plastis pada tahap awal model, sedangkan Consolidation analysis berfungsi untuk menghitung penurunan konsolidasi yang berlangsung.

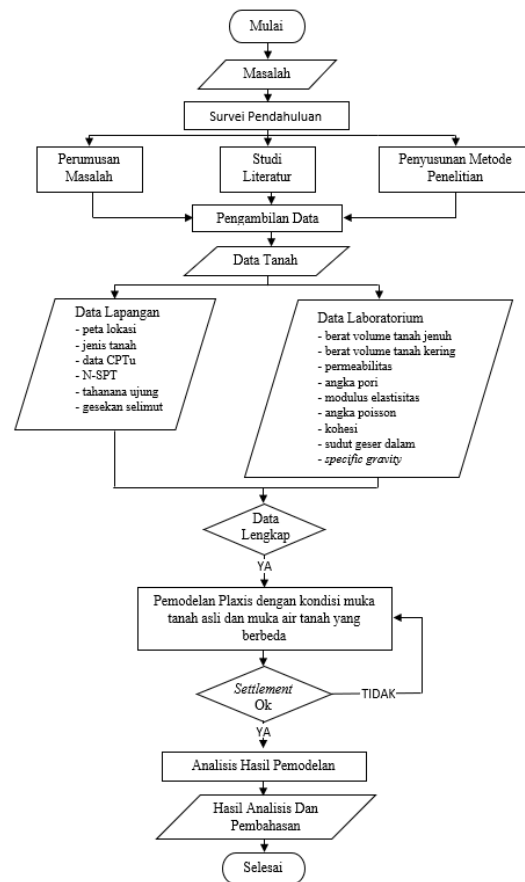
## 2.6 Parameter Beban Bangunan

Parameter beban bangunan yang digunakan merupakan parameter yang akan diinputkan pada program PLAXIS. Berat beban bangunan diambil berdasarkan SNI 1727:2013 mengenai Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dan SNI Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (1987).

Perhitungan beban berdasarkan bentuk model dan potongan dari denah bangunan dengan beban yang diambil adalah beban lantai 1, beban atap yang terdiri dari total beban mati dan total beban hidup, serta beban *sloof* dan dinding dengan satuan  $\text{kN/m}^2$ .

## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu urutan dan metode dari sebuah penelitian. Metode penelitian ini diperlukan agar penelitian dapat berjalan baik dan sistematis sesuai dengan alur. Metode dari penelitian ini dapat dirumuskan melalui diagram alir (*flow chart*) pada Gambar 7.



**Gambar 7 Diagram Alir Penelitian**

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 7, tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### a. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk memperdalam masalah yang hendak diteliti. Penyelidikan survei ini dilaksanakan dengan cara mengamati secara langsung masalah yang akan diteliti di lapangan.

### b. Perumusan Masalah

Kegiatan ini memunculkan masalah yang dibahas, sehingga masalah yang akan diteliti dalam penelitian dan batasan masalah lebih terarah, dan orang lain dapat memahami tujuan dan manfaat dari melakukan penelitian.



c. Studi Literatur dan Metode Penelitian

Studi literatur adalah tahapan penelitian dalam mempelajari literatur berbagai sumber yang dapat digunakan untuk menangani masalah yang ada seperti CPTu, daya dukung dan lain-lain.

d. Pengambilan Data

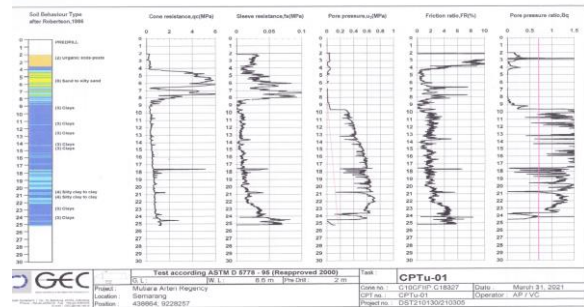
Data tanah berupa parameter tanah dan digunakan untuk menganalisis jenis tanah dan karakteristik tanah pada tanah lunak. Nilai tersebut didapat dari uji lapangan dan laboratorium. Uji tanah yang biasa dilakukan adalah uji SPT, uji CPTu dan uji sondir mekanik. Untuk data lokasi digambar ulang sesuai dengan gambar kerja. Pada Gambar 8 merupakan Gambar *Siteplan* dengan potongan A-A' sebagai potongan untuk pemodelan di PLAXIS.



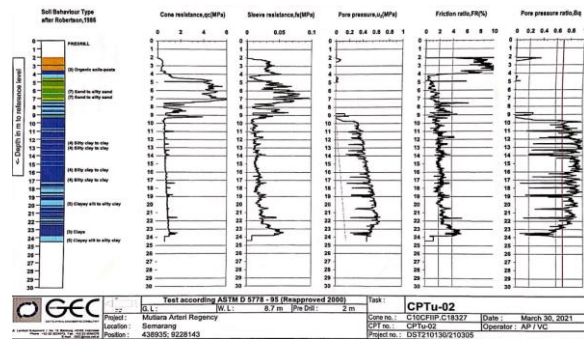
Gambar 8 Site Plan Cluster C

Pemilihan pemotongan A – A' dipilih karena potongan tersebut sebagai perwakilan untuk potongan menerus tak hingga baik potongan bangunan maupun potongan pada lapisan tanah. Data penyelidikan dilapangan merupakan data hasil dari parameter CPTu, SPT dan CPT. Data SPT merupakan data sebagai data pendukung dari data CPTu. Data parameter tanah diperoleh berupa jenis tanah, nilai uji sondir dan nilai N-

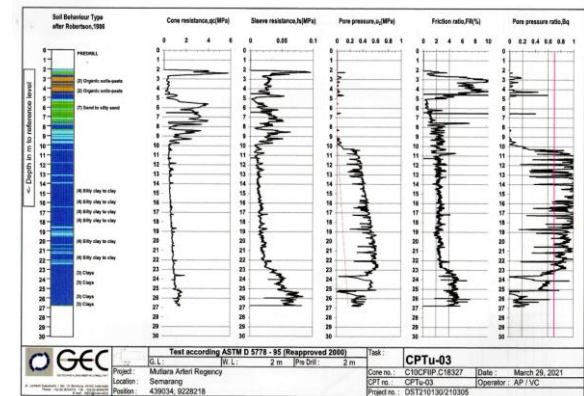
SPT melalui korelasi antara parameter tanah dan hasil survei tanah.



(a) CPTu-1



(b) CPTu-2



(c) CPTu-3

Gambar 9 Grafik CPTu di Lokasi Penelitian

(Sumber: PT. Mutiara Arteri Properti)

**Tabel 4 Data Uji Laboratorium**

Bore Hole	Depth (m)	specific gravity (GS)	Density		W <sub>n</sub> %	e	Sr %	Direct Shear		Triaxial		Atterberg Limits				Consolidation	
			$\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )				C (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (deg)	C (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (deg)	LL %	PL %	Ip %	Plasticity chart	C <sub>c</sub>	C <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /year)
B.01	5,5-6	2,73	2,14	1,66	28,98	0,54	100	0,0957	37,39	-	-	NON PLASTIS				-	-
	11,5-12	2,55	1,67	1,01	65,47	1,64	100	-	-	0,225	0,914	69	26	43	CH	0,702	2,386
	16-16,5	2,6	1,63	0,97	68,5	1,69	100	-	-	0,2509	1,225	80	31	49	CH	0,936	2,318
	22-22,5	2,58	1,6	0,92	73,36	1,8	100	-	-	0,2833	3,656	93	31	62	CH	0,946	6,873
B.02	4-4,5	2,78	1,97	1,42	38,27	0,95	100	-	-	0,3006	5,182	93	18	4,9	CL	0,341	6,446
	10-10,5	2,69	1,75	1,11	57,49	1,43	100	-	-	0,2016	3,993	33	21	14	CL	0,563	4,82
	16-16,5	2,7	1,62	0,9	79,95	2	100	-	-	0,1261	0,944	91	34	57	CH	0,818	1,812
	22-22,5	2,56	1,57	0,87	79,38	1,93	100	-	-	0,1931	5,496	90	36	54	CH	0,926	2,06
B.03	5,5-6	2,76	1,95	1,49	30,76	0,85	100	0,1006	37,34	-	-	NON PLASTIS				-	-
	11-11,5	2,75	1,93	1,42	36,17	0,93	100	0,0763	40,82	-	-	30	21	9	CL	0,295	12,827
	18-18,5	2,49	1,65	0,87	70,31	1,57	100	-	-	0,1254	0,523	82	32	50	CH	0,721	2,473

(Sumber: PT. Mutiara Arteri Properti, 2021)

Tabel 4 merupakan data uji laboratorium yang dilakukan oleh GEC.. Uji laboratorium menggunakan tanah UDS yang diambil berdasarkan uji bor atau SPT. Pengujian laboratorium dilakukan 3 kali berdasarkan titik bor. Uji laboratorium ini meliputi uji Specific gravity, uji kerapatan (*density*), kadar air tanah (w), angka pori mula – mula (e), uji *Direct shear*, uji *Triaxial*,

*Atterberg Limits*, dan uji konsolidasi. Hasil parameter yang didapat berdasarkan uji konsolidasi adalah indeks kompresi ( $c_c$ ) dan koefisien konsolidasi ( $c_v$ ). berdasarkan data lapangan dan data laboratorium, dan persamaan empiris, maka data – data parameter yang digunakan untuk input PLAXIS dapat dilihat pada Tabel 5 mengenai rekapitulasi Parameter.

**Tabel 5 Rekapitulasi Parameter**

	Kedalaman (m)	Tanah	Konsistensi	Material	q <sub>c</sub> (Mpa)	E (kN/m <sup>2</sup> )	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	c (kN/m <sup>2</sup> )	Sudut Geser	K (m/hari)	γ <sub>unsat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
CPTu-1	0 - 2	Timbunan	<i>Very Dense</i>	M. Colomb	-	42000	-	-	5	41	0,864	20	21
	2 - 4	<i>Organic</i>	<i>Very Soft</i>	SSM	0,21	2800	0,936	0,07	22,06	0,914	1,17 x 10 <sup>-4</sup>	15,38	16,38
	4 - 8	<i>Silty sand</i>	<i>Stiff</i>	M. Colomb	4,3	10470	-	-	9,38	37,39	4,752	19,98	20,98
	8-16	<i>clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	0,63	2800	0,936	0,07	22,06	0,914	1,17 x 10 <sup>-4</sup>	15,38	16,38
	16 - 24	<i>Clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	0,75	3950	0,946	0,0821	24,60	1,225	0,81 x 10 <sup>-4</sup>	14,98	15,98
	24 - 25,5	<i>Silty Clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	1,22	8250	0,341	0,094	27,78	3,656	1,14 10 <sup>-4</sup>	14,69	15,69
CPTu-2	0 - 2	<i>Timbunan</i>	<i>Very Dense</i>	M. Colomb	-	42000	-	-	5,00	41,00	0,864	20	21
	2 - 5	<i>Clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	1,92	5100	0,341	0,025	29,48	5,18	1,73 x 10 <sup>-4</sup>	16,89	17,89
	5 - 9	<i>Silty sand</i>	<i>Stiff</i>	M. Colomb	4,87	10470	-	-	9,38	37,39	4,752	19,98	19,98
	9 - 16	<i>Silty Clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	0,84	3800	0,563	0,058	19,77	3,99	1,74 x 10 <sup>-4</sup>	14,89	15,89
	16 - 22	<i>Silty Clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	22	5100	0,818	0,112	12,37	0,94	0,48 x 10 <sup>-4</sup>	13,71	14,71
	22 - 24,5	<i>silty clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	0,95	4850	0,926	0,111	18,94	5,50	0,58 x 10 <sup>-4</sup>	13,22	14,22
CPTu-3	0 - 2	<i>Timbunan</i>	<i>Very Dense</i>	M. Colomb	-	42000	-	-	5,00	41,00	0,864	20,00	21,00
	2 - 5	<i>Silty Clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	0,76	3800	0,295	0,016	7,48	40,82	4,63 x 10 <sup>-4</sup>	16,49	17,49
	5 - 9	<i>Silty sand</i>	<i>stiff</i>	M. Colomb	1,84	8610	-	-	9,86	37,34	4,752	16,67	17,67
	9 - 18	<i>Silty Clay</i>	<i>soft to medium</i>	SSM	0,84	3800	0,295	0,023	7,48	40,82	4,63 x 10 <sup>-4</sup>	16,49	17,49
	18 - 27	<i>Silty Clay</i>	<i>Soft to medium</i>	SSM	1,1	5050	0,721	0,087	12,30	0,52	6,73 x 10 <sup>-4</sup>	13,95	14,95

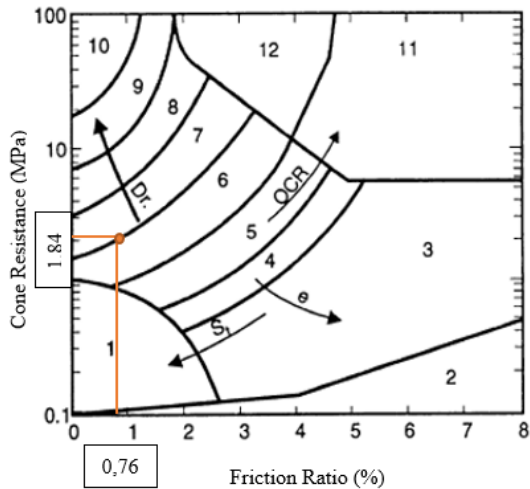
Rekapitulasi parameter merupakan parameter yang dibutuhkan untuk input PLAXIS. Parameter parameter ini didapatkan dari data uji CPTu, data laboratorium, dan parameter yang dibutuhkan berdasarkan korelasi empiris CPTu. Parameter yang dibutuhkan meliputi modulus elastisitas tanah, indeks kompresi, indeks pengembangan, kohesi, permeabilitas dan kepadatan

relatif. Kolom material pada Tabel 5 merupakan model material yang dibutuhkan untuk input plaxis. Model material yang dipakai untuk penelitian adalah CPTu-3 hal ini disebabkan karena pengujian ini dilakukan hingga kedalaman 27 meter yang merupakan penyelidikan terdalam, sehingga digunakan untuk acuan untuk pemodelan di PLAXIS.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

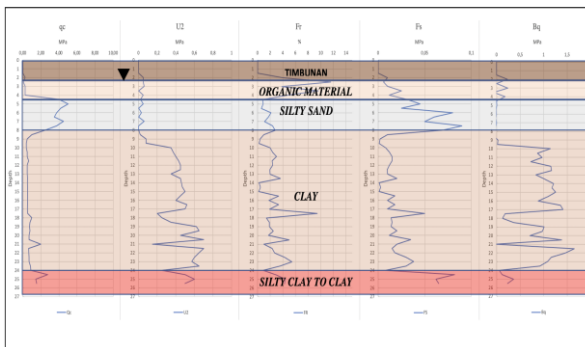
##### 4.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan CPTu

Klasifikasi tanah menggunakan metode Robertson (1984) dengan contoh CPTu-3 pada kedalaman 5 meter dengan rasio gesekan 0,76% dan tahanan ujung 1,84 Mpa.

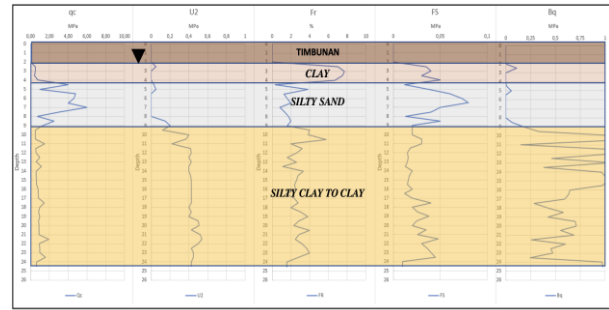


**Gambar 10** klasifikasi Tanah Berdasarkan Grafik Robertson

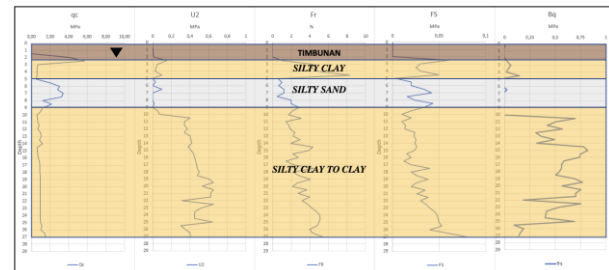
Berdasarkan hasil grafik diatas diketahui bahwa pada kedalaman 5 meter di zona 7 yang merupakan tanah *Silty Sand*. Lapisan tanah pada penelitian diatas adalah sebagai berikut.



(a) Stratigrafi CPTu-1



(b) Stratigrafi CPTu-2

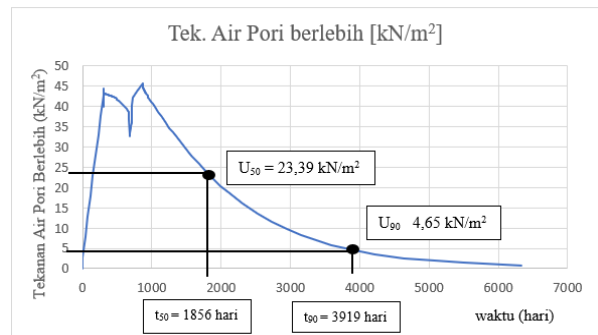


(c) Stratigrafi CPTu-2

**Gambar 11** Grafik dan Stratigrafi Tanah berdasarkan CPTu

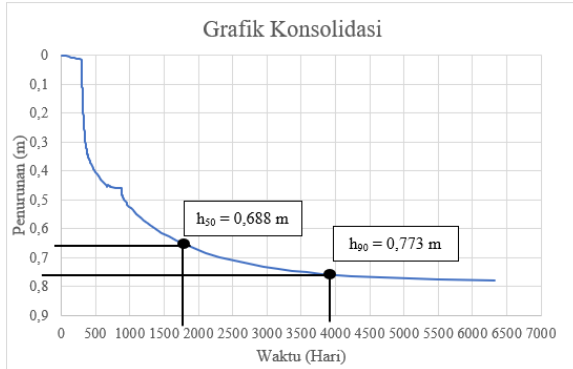
##### 4.1 Analisis Konsolidasi dan Daya Dukung Pondasi Dengan Muka Air Pada Kedalaman 2 meter

Waktu yang dibutuhkan saat terkonsolidasi 50% adalah 1856 hari, saat terkonsolidasi 90% adalah 3919 hari, dan saat terkonsolidasi 100% adalah 6333 hari



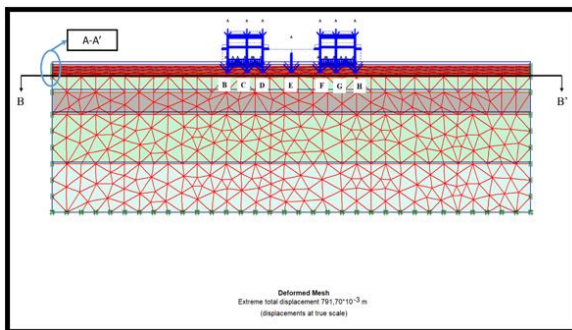
**Gambar 12** Grafik Tekanan Air Pori Berlebih

Hasil dari penurunan konsolidasi total ekstrim berdasarkan waktu terkonsolidasi 50% adalah 68,8 cm, 90% adalah 77,3 cm dan 100% adalah 79,3 cm

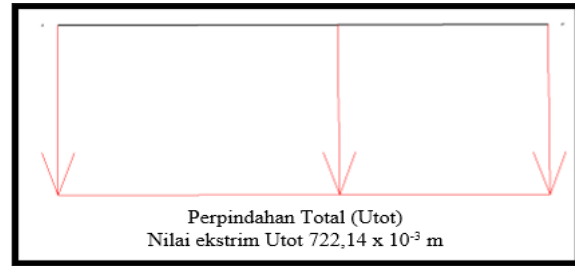


**Gambar 13 Grafik Penurunan Konsolidasi**

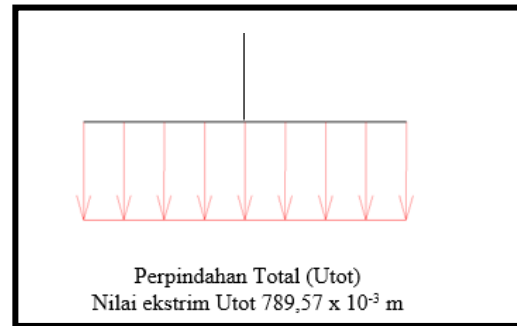
Contoh analisis diambil saat terkonsolidasi 100%. Gambar 14 merupakan model bentuk lapisan tanah dan beban setelah dilakukan konsolidasi. Perilaku penurunan tanah akibat beban timbunan diperhitungkan pada potongan A – A' pada Gambar 15, sedangkan perilaku penurunan tanah akibat beban timbunan dan bangunan dapat dilihat pada Gambar 16. Besarnya penurunan tanah akibat beban tanah saat terkonsolidasi 100% adalah 72,21 cm, sedangkan penurunan konsolidasi akibat beban timbunan dan bangunan adalah 78,95 cm, sehingga penurunan pondasi dibawah permukaan tanah adalah 6,74 cm.



**Gambar 14 Bentuk perilaku Kondisi Tanah**

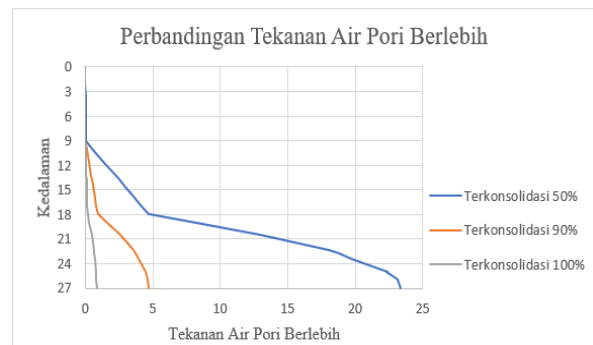


**Gambar 15 Penurunan Konsolidasi Akibat beban timbunan**



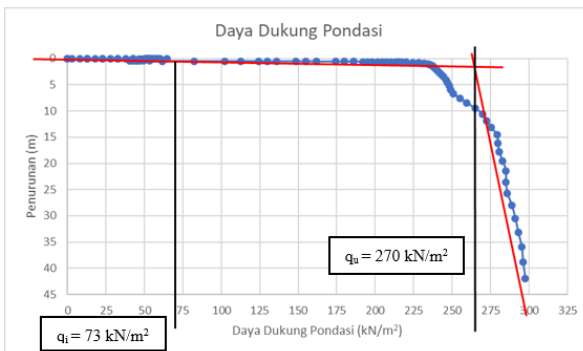
**Gambar 16 Penurunan Pondasi Akibat Beban timbunan dan bangunan**

Saat mengalami tahap disipasi, tekanan air pori berlebih akan semakin menurun hingga mendekati 0. Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut – turut adalah 23,39 kN/m<sup>2</sup>, 4,65 kN/m<sup>2</sup>, 0,84 kN/m<sup>2</sup> dengan grafik tekanan air pori berlebih pada Gambar 17.



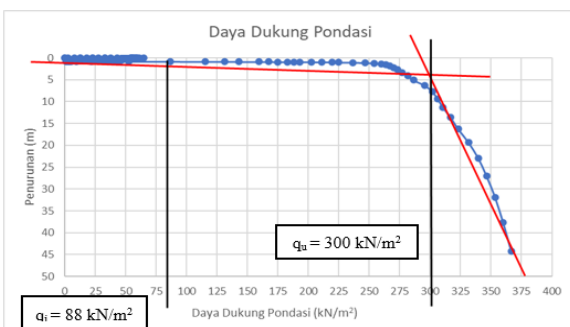
**Gambar 17 Grafik Tekanan Air Pori Berlebih**

Gambar 18 merupakan grafik daya dukung pondasi sebelum di lakukan konsolidasi. Berdasarkan grafik pada Gambar 18 yang merupakan output PLAXIS maka daya dukung ultimit ( $q_u$ ), daya dukung ijin dan ( $q_i$ ) dan faktor keamanan (FK) dan beban ijin maksimum berturut turut adalah  $270 \text{ kN/m}^2$ ,  $73 \text{ kN/m}^2$ ,  $3,69$ ;  $36,5 \text{ kN}$ .



**Gambar 18 Grafik Daya Dukung Pondasi Sebelum dilakukan konsolidasi**

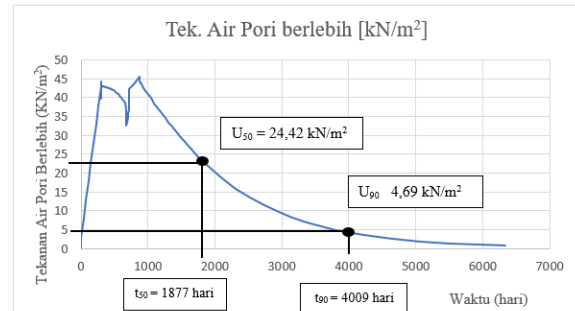
Pada Gambar 19 merupakan grafik daya dukung pondasi setelah di lakukan konsolidasi. Berdasarkan grafik pada Gambar 19 yang merupakan output PLAXIS maka daya dukung ultimit ( $q_u$ ), daya dukung ijin dan ( $q_i$ ) dan faktor keamanan (FK) dan beban ijin maksimum berturut turut adalah  $300 \text{ kN/m}^2$ ,  $88 \text{ kN/m}^2$ ,  $3,4$ ;  $44 \text{ kN}$ .



**Gambar 19 Grafik Daya Dukung Pondasi Setelah dilakukan konsolidasi**

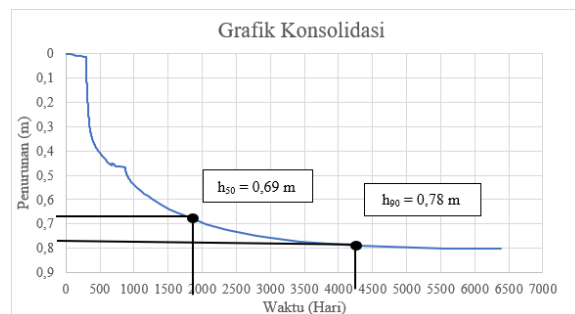
#### 4.2 Analisis Konsolidasi dan Daya Dukung Pondasi Dengan Muka Air Pada Kedalaman 1,5 meter

Waktu yang dibutuhkan saat terkonsolidasi 50% adalah 1877 hari, saat terkonsolidasi 90% adalah 4009 hari, dan saat terkonsolidasi 100% adalah 6385 hari



**Gambar 20 Grafik Tekanan Air Pori Berlebih**

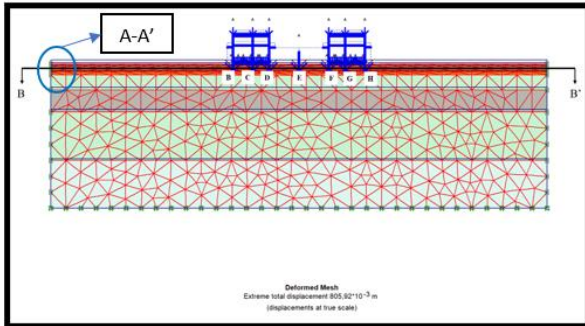
Hasil dari penurunan konsolidasi total ekstrim berdasarkan waktu terkonsolidasi 50% adalah 68 cm, 90% adalah 78 cm dan 100% adalah 80,59 cm



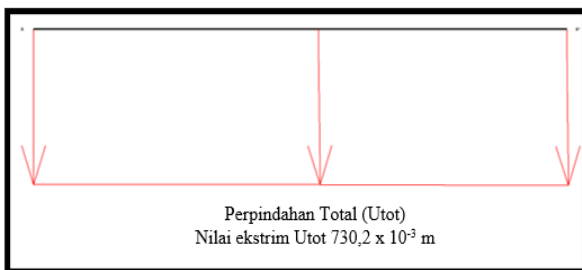
**Gambar 21 Grafik Penurunan Konsolidasi**

Gambar 22 merupakan model bentuk lapisan tanah dan beban setelah dilakukan konsolidasi. Perilaku penurunan tanah akibat beban timbunan diperhitungkan pada potongan A – A' pada Gambar 23, sedangkan perilaku penurunan tanah akibat beban timbunan dan bangunan dapat dilihat pada Gambar 24. Besarnya penurunan

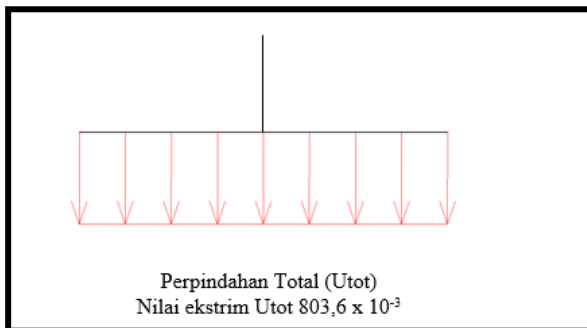
tanah akibat beban tanah saat terkonsolidasi 100% adalah 73,02 cm, sedangkan penurunan konsolidasi akibat beban timbunan dan bangunan adalah 80,36 cm, sehingga penurunan pondasi dibawah permukaan tanah adalah 7,34 cm.



**Gambar 22 Bentuk perilaku Kondisi Tanah**

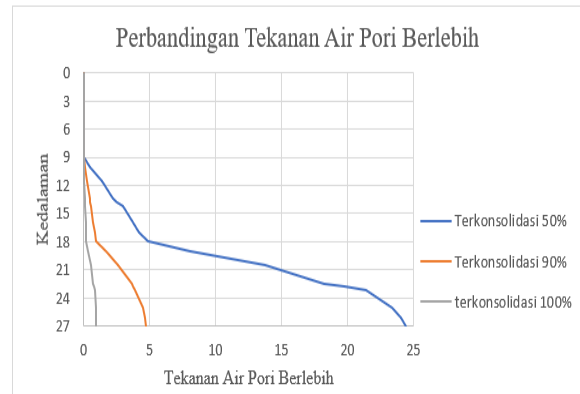


**Gambar 23 Penurunan Konsolidasi Akibat beban timbunan**



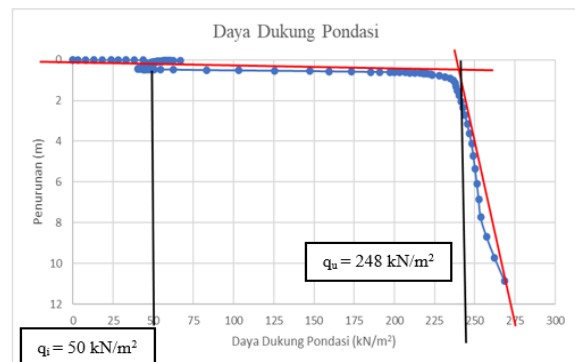
**Gambar 24 Penurunan Pondasi Akibat Beban timbunan dan bangunan**

Saat mengalami proses konsolidasi, tekanan air pori berlebih akan semakin menurun hingga mendekati 0. Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut – turut adalah 24,42 kN/m<sup>2</sup>, 4,69 kN/m<sup>2</sup>, 0,93 kN/m<sup>2</sup> dengan grafik tekanan air pori berlebih pada Gambar 25.



**Gambar 25 Grafik Tekanan Air Pori Berlebih**

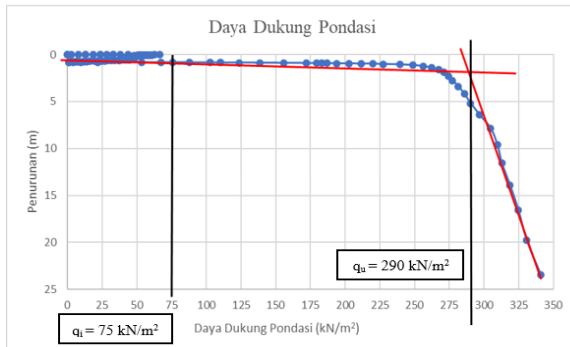
Gambar 26 merupakan grafik daya dukung pondasi sebelum di lakukan konsolidasi. Berdasarkan grafik pada Gambar 26 yang merupakan output PLAXIS maka daya dukung ultimit ( $q_u$ ), daya dukung ijin dan ( $q_i$ ) dan faktor keamanan (FK) dan beban ijin maksimum berturut turut adalah 248 kN/m<sup>2</sup>, 50 kN/m<sup>2</sup>, 4,96; 25 kN.



**Gambar 26 Grafik Daya Dukung Pondasi Sebelum dilakukan konsolidasi**



Pada Gambar 27 merupakan grafik daya dukung pondasi setelah di lakukan konsolidasi. Berdasarkan grafik pada Gambar 19 yang merupakan output PLAXIS maka daya dukung ultimit ( $q_u$ ), daya dukung ijin dan ( $q_i$ ) dan faktor keamanan (FK) dan beban ijin maksimum berturut turut adalah  $248 \text{ kN/m}^2$ ,  $50 \text{ kN/m}^2$ , 3,8;  $37 \text{ kN}$ .



**Gambar 27 Grafik Daya Dukung Pondasi Setelah dilakukan konsolidasi**

### 4.3 Perbandingan Hasil Analisis muka air pada kedalaman 1,5 meter dan 2 meter

Perbandingan hasil analisis muka air pada kedalaman 2 meter dan 1,5 meter yang akan dibahas adalah perbandingan penurunan konsolidasi total pada Tabel 6, waktu penurunan konsolidasi pada Tabel 7, daya dukung sebelum konsolidasi pada Tabel 8 dan daya dukung setelah konsolidasi pada Tabel 9

**Tabel 6 Perbandingan Penurunan Konsolidasi**

Terkonsolidasi	Penurunan Konsolidasi Total	
	MAT = 2 m	MAT = 1,5 m
50%	68,72 cm	69,5 cm
90%	77,26 cm	78,5 cm
100%	78,95 cm	80,36 cm

**Tabel 7 Perbandingan Waktu Konsolidasi**

Terkonsolidasi	Waktu Penurunan Konsolidasi	
	MAT = 2 m	MAT = 1,5 m
50%	1856 hari	1877 hari
90%	3919 hari	4009 hari
100%	6333 hari	6385 hari

**Tabel 8 Perbandingan Hasil Daya Dukung Sebelum Konsolidasi**

Muka Air	$q_{ultimate}$	$q_{ijin}$	<i>Safety Factor</i>	Beban Ijin
1,5 m	$248 \text{ kN/m}^2$	$50 \text{ kN/m}^2$	4,96	25 kN
2 m	$270 \text{ kN/m}^2$	$73 \text{ kN/m}^2$	3,69	36,5 kN

**Tabel 9 Perbandingan Hasil Daya Dukung Setelah Konsolidasi**

Muka Air	$q_{ultimate}$	$q_{ijin}$	<i>Safety Factor</i>	Beban Ijin
1,5 m	$290 \text{ kN/m}^2$	$75 \text{ kN/m}^2$	3,8	37 kN
2 m	$300 \text{ kN/m}^2$	$88 \text{ kN/m}^2$	3,4	44 kN

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis diatas dapat disimpulkan bahwa:

- Berdasarkan hasil analisis CPTu maka lapisan tanah pada kedalaman 2-5 merupakan tanah lempung lunak, pada kedalaman 5 – 9 meter merupakan tanah pasir dengan konsistensi kaku, dan pada kedalaman > 9 meter merupakan tanah lempung abu abu dengan konsistensi lunak.
- Waktu yang dibutuhkan saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% dengan muka air tanah pada kedalaman 2 meter berturut turut adalah 1856 hari, 3919 hari dan 6333 hari.

3. Waktu yang dibutuhkan saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% dengan muka air tanah pada kedalaman 1,5 meter berturut turut adalah 1877 hari, 4009 hari dan 6385 hari.
4. Besar penurunan akibat beban pondasi dan beban timbunan pada kedalaman 2 meter saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut turut 68,72 cm, 77,26 cm dan 78,95 cm.
5. Besar penurunan akibat beban pondasi dan beban timbunan pada kedalaman 1,5 meter saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut turut 69,5 cm, 78,5 cm dan 80,36 cm
6. Besar penurunan akibat beban timbunan pada kedalaman 2 meter saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut turut 64,07 cm, 70,96 cm dan 72,21 cm
7. Besar penurunan akibat beban timbunan pada kedalaman 1,5 meter saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut turut 63,35 cm, 71,57 cm dan 73,02 cm
8. Besar penurunan akibat beban pondasi pada kedalaman 2 meter saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut turut 4,65 cm, 6,3 cm dan 6,74 cm
9. Besar penurunan akibat beban pondasi pada kedalaman 1,5 meter saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut turut 6,15 cm, 6,97 cm dan 7,34 cm
10. Tekanan Air Pori Berlebih dengan kedalaman muka air 2 meter saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut turut 23,39 kN/m<sup>2</sup>, 4,65 kN/m<sup>2</sup>, 0,84 kN/m<sup>2</sup>.
11. Tekanan Air Pori Berlebih dengan kedalaman muka air 1,5 meter saat terkonsolidasi 50%, 90% dan 100% berturut turut 24,46 kN/m<sup>2</sup>, 4,69 kN/m<sup>2</sup>, 0,93 kN/m<sup>2</sup>.
12. Daya dukung ijin, daya dukung ultimit dan beban ijin dengan muka air tanah pada kedalaman 2 meter sebelum dilakukan tahap konsolidasi berturut turut diperoleh sebesar 73 kN/m<sup>2</sup>, 270 kN/m<sup>2</sup>, 36,5 kN, dengan faktor keamanan (FK) pondasi sebesar 3,6.
13. Daya dukung ijin, daya dukung ultimit dan beban ijin dengan muka air tanah pada kedalaman 2 meter setelah dilakukan tahap konsolidasi berturut turut diperoleh sebesar 88 kN/m<sup>2</sup>, 300 kN/m<sup>2</sup>, 44 kN, dengan faktor keamanan (FK) pondasi sebesar 3,4.
14. Daya dukung ijin, daya dukung ultimit dan beban ijin dengan muka air tanah pada kedalaman 1,5 meter sebelum dilakukan tahap konsolidasi berturut turut diperoleh sebesar 50 kN/m<sup>2</sup>, 248 kN/m<sup>2</sup>, 25 kN, dengan nilai faktor keamanan (FK) pondasi sebesar 4,96.
15. Daya dukung ijin, daya dukung ultimit dan beban ijin dengan muka air tanah pada kedalaman 2 meter setelah dilakukan tahap konsolidasi berturut turut diperoleh sebesar 75 kN/m<sup>2</sup>, 290 kN/m<sup>2</sup>, 36,5 kN, dengan faktor keamanan (FK) pondasi sebesar 3,8.
16. Hasil analisis dari daya dukung ijin pondasi setelah dilakukan tahap konsolidasi maka nilai dari faktor keamanan (*safety factor*) dan beban ijin akan meningkat.
17. Hasil dari analisis pemodelan pada Perumahan di lokasi penelitian diketahui bahwa tinggi muka air tanah dan jenis tanah akan mempengaruhi hasil daya dukung, penurunan konsolidasi, dan waktu penurunan konsolidasi.

## 5.2 Saran

Berdasarkan dari analisis dan penelitian, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Semakin lengkap data – data parameter yang dihasilkan di laboratorium dan parameter yang dihasilkan dari penyelidikan tanah akan menghasilkan hasil analisa yang lebih tepat.
2. Pemodelan sebaiknya dilakukan lebih dari 1 potongan untuk membandingkan hasil yang telah dimodelkan.
3. Dianjurkan untuk menaikkan posisi lantai agar penurunan bangunan tidak terlihat secara signifikan.
4. Dianjurkan untuk dilakukan perbaikan tanah seperti mengganti tanah yang lama menjadi tanah baru yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut.
5. Pengujian di lapangan sebaiknya dilakukan sampai pada kedalaman tanah keras.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atlantica, D. (2001): *Penelitian di laboratorium penurunan pondasi gasing dengan beban terpusat pada tanah lunak Daerah Sayung – Kabupaten Demak*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata.
- Banurea, C.R.P. (2017): *Interpretasi parameter tanah menggunakan uji cpt-u sebagai evaluasi derajat konsolidasi pada Proyek Reklamasi Pantai di Jakarta*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
- Charmen, C., dan Kristiadi.K. (2022): *Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Pada Tanah Lunak*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata.
- Gambar peta lokasi proyek perumahan dan ruko mutiara arteri Semarang diperoleh melalui situs internet: <https://www.google.co.id/maps/pl> diunduh pada 10 Juli 2021, pukul 10.45 WIB
- Hardiyatmo, H.C. (2012): *Mekanika tanah I*. Yogyakarta: Gajah mada University Press, 1-59.
- Hardiyatmo, H.C. (2010): *Mekanika tanah II*. Yogyakarta: Gajah mada University Press. 1-41.
- Hardiyatmo, H.C. (2014): *Analisis dan perancangan pondasi*. Yogyakarta: Gajah mada University Press. 87-90.
- Setiawan, R. (2017): *Interpretasi uji CPT-U pada tanah dasar dan endapan erupsi lumpur di Sidoardjo, Jawa Timur*, Tugas Akhir Program Magister Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
- Terzaghi, K. (1943): Liner-plate tunnels on the chicao (il) subway. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 108(1), 970-1007.