



BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data – Data yang Diperlukan

Data pendukung yang diperlukan untuk memodelkan tanah lunak menggunakan program PLAXIS pada proyek perumahan dan ruko Mutiara Arteri di Jalan Gajah Raya, kecamatan Gayamsari, kelurahan Gayamsari, kota Semarang adalah data lapangan dan data laboratorium. Data lapangan meliputi *Standard Penetration Test*, *Cone Penetration Test*, dan *Cone Penetration Test Ultimate* yang diperoleh berdasarkan pengujian yang dilakukan di lapangan oleh tim laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Data laboratorium yang digunakan meliputi *index properties*, uji kuat geser, dan uji konsolidasi.

Bersumber pada *site plan* proyek perumahan Muatiara Arterti di jalan Gajah Raya, kota Semarang yang digambar ulang menggunakan program *autocad* terdapat 3 titik SPT, 6 titik CPT dan, 3 CPTu. Gambar *site plan* diperlihatkan pada Gambar 4.1 dan untuk memperjelas diperlihatkan pada Lampiran A.1 dan Lampiran A.2.



Keterangan:

- Δ = Titik CPTu
- o = Titik SPT
- = Titik CPT

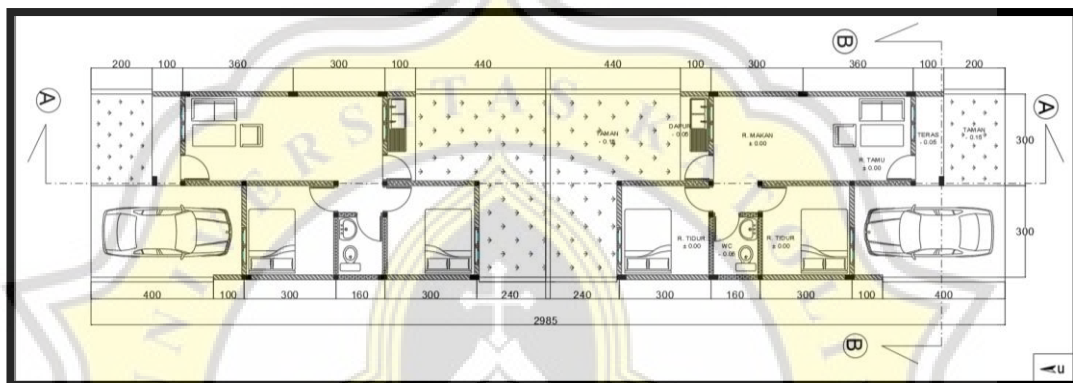
Gambar 4.1 *Site Plan* Cluster C (Sumber: Digambar ulang dari *Site Plan* Cluster C Proyek Perumahan Mutiara Arteri Semarang, 2021)



Tugas Akhir

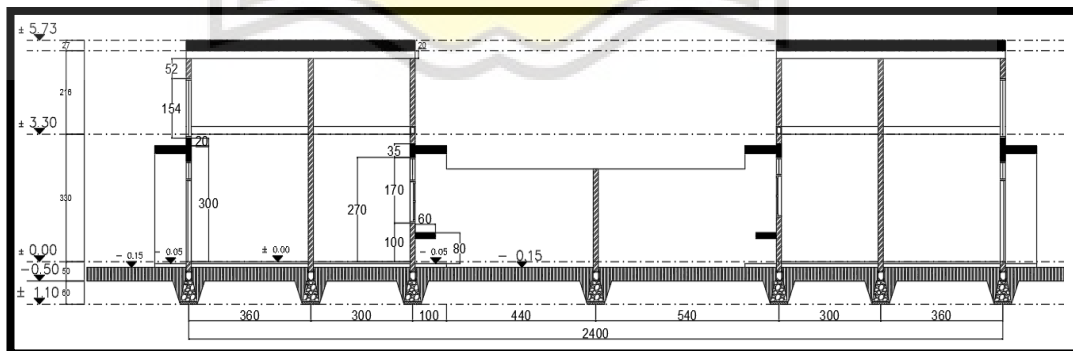
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Berdasarkan gambar *site plan* pada Gambar 4.1 *cross section* yang digunakan adalah *cross section* A - A' sebagai petunjuk untuk mengetahui bentuk stratigrafi lapisan tanah dan pembebanan lebih lanjut di lapangan. Potongan A - A' terdiri dari potongan 2 bangunan rumah yang menghadap depan dan belakang. Gambar 4.2 merupakan gambar denah bangunan rumah dengan potongan A - A' dan B - B' di Cluster C proyek perumahan Mutiara Arteri. Untuk memperjelas gambar diperlihatkan pada Lampiran A.3.



Gambar 4.2 Denah Rumah *Cluster C* Proyek Mutiara Arteri (Sumber: Digambar ulang dari Denah *Cluster C* Proyek Perumahan Mutiara Arteri Semarang, 2021)

Denah rumah yang dipilih merupakan perwakilan dari bangunan rumah pada 1 zona cluster C dengan luas zona sebesar 20.841 m² dan luas bangunan sebesar 90 m². Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 merupakan gambar potongan A - A' dan potongan B - B' dari denah rumah pada Gambar 4.2 dan untuk memperjelas diperlihatkan pada Lampiran A.4 dan Lampiran A.5.

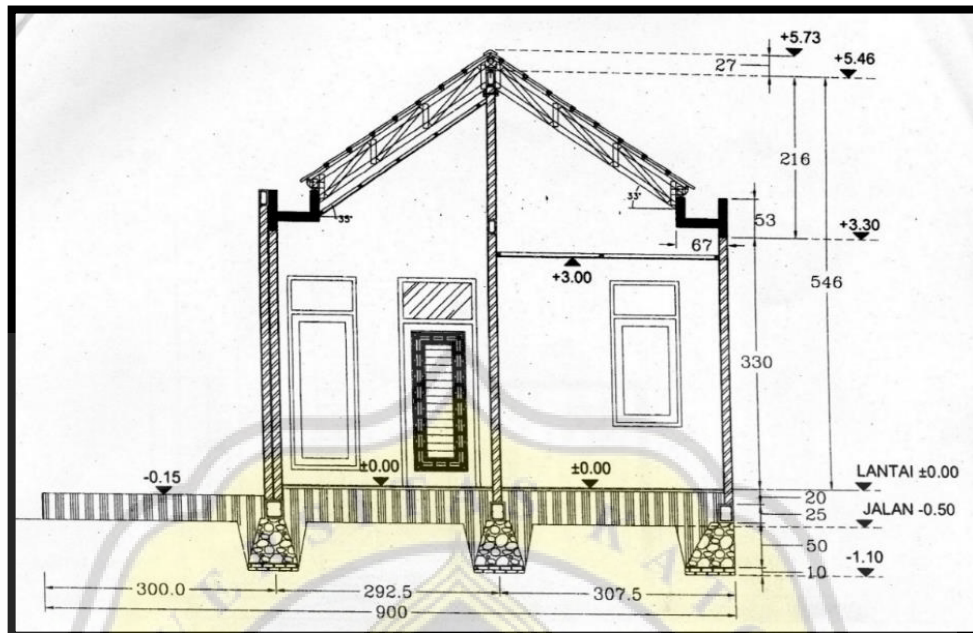


Gambar 4.3 Potongan A - A' Denah Rumah (Sumber: Digambar ulang dari Potongan A - A' *Cluster C* Proyek Perumahan Mutiara Arteri Semarang, 2021)



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.4 Potongan B – B' Denah Rumah (Sumber: PT. Mutiara Arteri Properti, 2021)

Potongan A – A' pada Gambar 4.3 dipilih sebagai bentuk perwakilan 2 bangunan rumah yang bertolak belakang dengan arah memanjang tak hingga. Potongan bangunan rumah ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk analisis penelitian serupa pada zona Cluster C.

4.1.1 Data lapangan

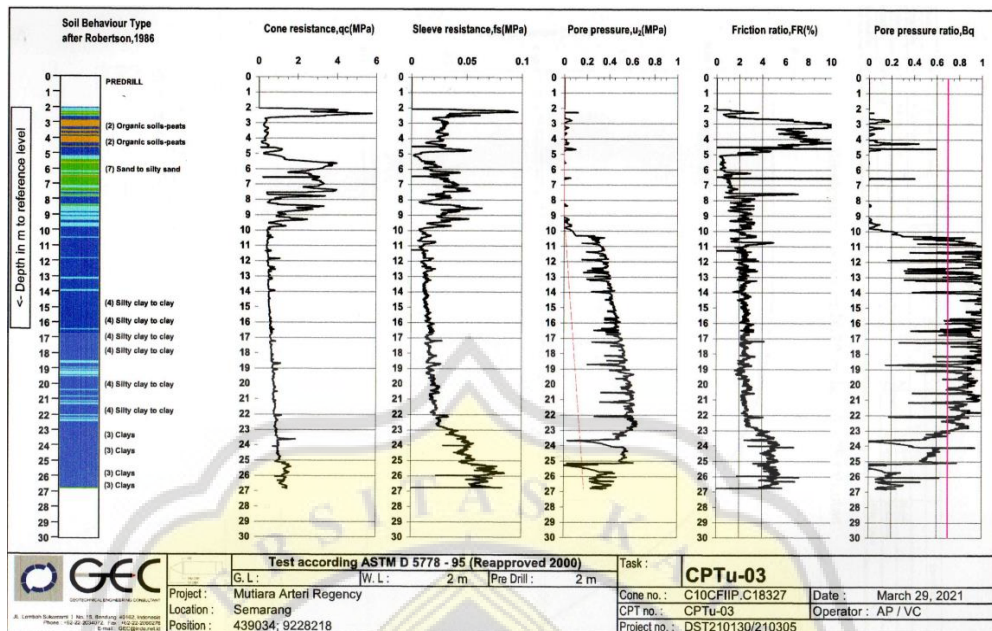
Pengujian lapangan pada lokasi penelitian ini dilakukan oleh pihak PT. GEC (Geotechnical Engineering Consultant) yang berasal dari Bandung, pada tanggal 29 maret 2021-31 maret 202, kemudian hasil dari pengujian lapangan ini akan dikirim ke laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Semarang untuk diuji laboratorium.

Terdapat 3 pengujian lapangan yang digunakan sebagai informasi mengenai lapisan tanah yang tersusun di bawah permukaan tanah. Data yang didapat berdasarkan uji CPTu, sedangkan dan SPT merupakan data pendukung dari CPTu. Titik CPTu yang digunakan untuk analisis adalah CPTu-3 dikarenakan titik CPTu-3 diuji hingga kedalaman 27 meter, sehingga analisis akan lebih mendekati kondisi asli di lapangan. Titik CPTu-03 ini diuji pada tanggal 29 Maret. Data CPTu-3 diperlihatkan pada Gambar 4.5 dan diperlihatkan pada Lampiran B.3.



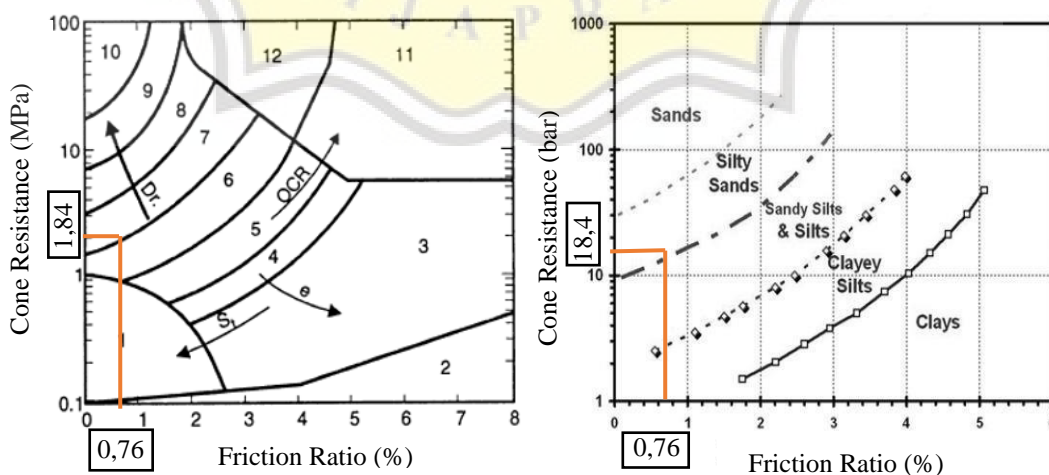
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.5 Grafik Hasil Penyelidikan CPTu-3 (Sumber: PT. Mutiara Arteri Properti, 2021)

Analisis dan klasifikasi tanah berdasarkan CPTu ini menggunakan metode Robertson pada tahun 1984 yang merupakan grafik hubungan antara nilai tahanan ujung (q_c) dan *friction ratio*. Nilai satuan bacaan pada tahanan ujung berdasarkan hasil CPTu adalah MPa. Nilai 1 MPa setara dengan 10 bar atau 1 kg/cm^2 , sehingga contoh kedalaman yang diambil pada kedalaman 5 – 6 meter memiliki $q_c = 1,84 \text{ MPa}$ yang setara dengan 18,4 bar dengan rasio gesekan (R_f) sebesar 0,76%. Grafik contoh klasifikasi tanah berdasarkan hasil CPTu dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Klasifikasi Tanah Berdasarkan CPTu Menurut Robertson et al (Sumber: Robertson, dkk., 1984)



Tugas Akhir

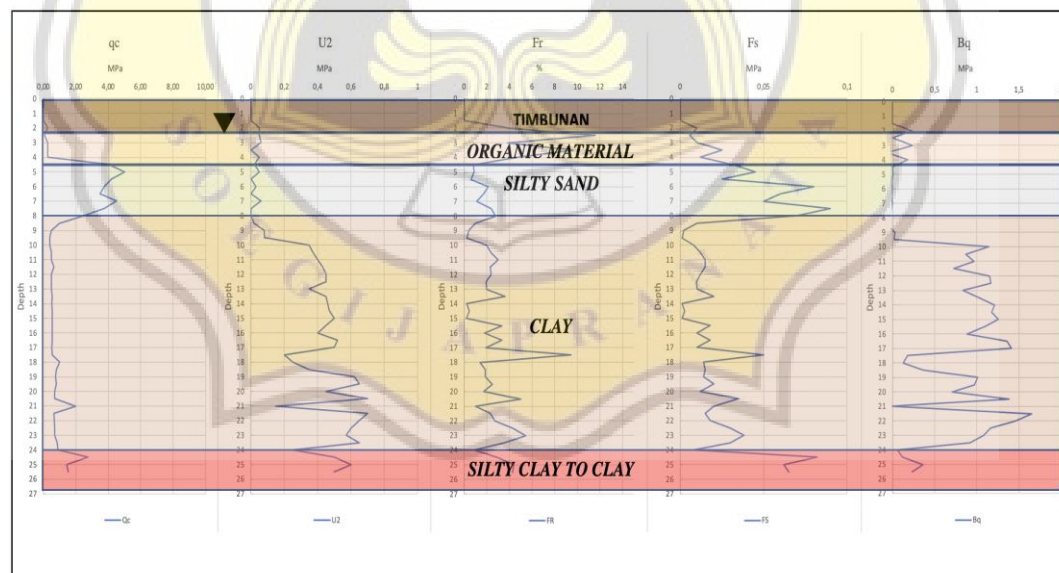
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Berdasarkan klasifikasi Robertson dan penjelasan Tabel 2.4 maka pada kedalaman 5 meter maka tanah tersebut termasuk ke dalam kategori *silty sand to sandy silt*. Klasifikasi dan korelasi tanah pada CPTu-1, CPTu-2 dan CPTu-3 diperlihatkan pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Klasifikasi Tanah CPTu-1

Kedalaman (m)	Friction Ratio (%)	Cone Resistance (MPa)	Jenis Tanah	Keterangan
0 – 2	-	-	Timbunan	<i>Very Dense</i>
2 – 4	6,2	0,21	<i>Organic Material</i>	<i>Very Soft</i>
4 – 8	1,21	4,30	<i>Silty Sand to Sandy Silt</i>	<i>Medium</i>
8 – 16	2,57	0,63	<i>Clay</i>	<i>Soft</i>
16 – 24	4,25	0,75	<i>Clay</i>	<i>Soft to Medium</i>
24 – 25,5	2,57	1,22	<i>Silty Clay to Clay</i>	<i>Soft to Medium</i>

Tabel 4.1 menunjukkan hasil klasifikasi CPTu-1 berdasarkan klasifikasi Robertson (1984). Klasifikasi CPTu-1 ini dilakukan dengan kedalaman setiap 1 meter dengan kondisi tanah dominan *clay* pada kedalaman 8 – 25,5 meter. Grafik CPTu-1 diperlihatkan pada Gambar 4.7 dan lampiran B.1.



Gambar 4.7 Grafik dan Stratigrafi CPTu-1

Gambar 4.7 merupakan gambar stratigrafi tanah berdasarkan analisis menurut Robertson (1984). Berdasarkan hasil analisis Robertson tanah pada kedalaman 4 – 8 meter merupakan tanah pasir berlanau ini disebabkan karena nilai q_c rata – rata nilai q_c lebih dari 2 Mpa dengan rasio gesekan diantara 1% - 2%, sedangkan pada



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

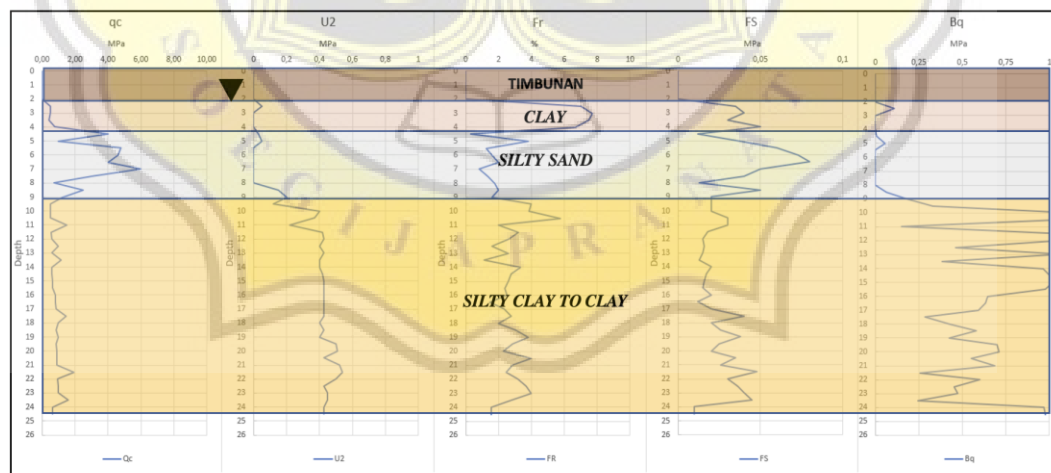
kedalaman 8 – 26 meter didominasi oleh tanah lempung dengan nilai q_c antara < 1 Mpa dengan rasio gesekan antara 2% - 4%.

Titik uji CPTu yang selanjutnya adalah titik CPTu-2 dengan hasil klasifikasi tanah yang diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Klasifikasi Tanah CPTu-2

Kedalaman (m)	Friction Ratio (%)	Cone Resistance (MPa)	Jenis Tanah	Keterangan
0 – 2	-	-	Timbunan	<i>Very Dense</i>
2 – 4	3,59	1,92	Clay	<i>Soft to Medium</i>
4 – 9	1,47	4,87	<i>Silty Sand to Sandy Silt</i>	<i>Medium</i>
9 - 16	2,27	0,84	<i>Silty Clay to Clay</i>	<i>Soft to Medium</i>
16 – 22	2,11	0,95	<i>Silty Clay to Clay</i>	<i>Soft to Medium</i>
22 – 24,5	3,61	1,11	<i>Silty Clay to Clay</i>	<i>Soft to Medium</i>

Tabel 4.2 menunjukkan hasil klasifikasi CPTu-2 berdasarkan klasifikasi Robertson (1984). Klasifikasi CPTu-2 ini dilakukan dengan kedalaman setiap 1 meter dengan kondisi tanah dominan *silty clay to clay* pada kedalaman 9 – 24,5 meter, sedangkan tanah pada kedalaman 4 – 9 meter merupakan tanah *silty sand to sandy silt*. Grafik CPTu-2 diperlihatkan pada Gambar 4.8 dan lampiran B.2.



Gambar 4.8 Grafik dan Stratigrafi CPTu-2

Gambar 4.8 merupakan gambar grafik dan stratigrafi CPTu-2 berdasarkan dari analisis menurut Robertson (1984). Berdasarkan hasil analisis Robertson tanah pada kedalaman 4 – 9 meter merupakan tanah pasir berlanau dengan nilai tahanan ujung (q_c) lebih dari 2 MPa dengan nilai rasio gesekan rata – rata kurang dari 2%,



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

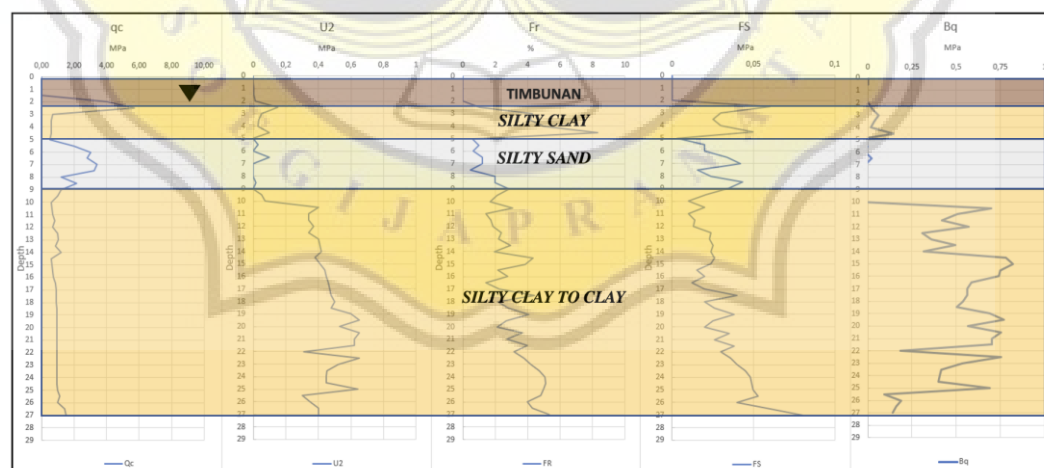
dan tanah pada kedalaman 9 – 24,5 meter didominasi oleh tanah *silty clay to clay* dengan nilai q_c rata – rata antara 1 – 2 MPa dan rasio gesekan 2 – 4 %.

Titik uji CPTu yang terakhir adalah titik CPTu-3. Titik CPTu-3 ini merupakan titik yang digunakan sebagai contoh untuk analisis lanjutan, hal ini dikarenakan CPTu-3 merupakan titik terdalam yang berpotongan dengan potongan A – A'. Hasil klasifikasi tanah yang diperlihatkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Klasifikasi Tanah CPTu-3

Kedalaman (m)	Friction Ratio (%)	Cone Resistance (MPa)	Jenis Tanah	Keterangan
0 – 2	-	-	Padas	<i>Very Dense</i>
2 – 5	4,64	0,76	<i>Silty Clay</i>	<i>Soft to Medium</i>
5 – 9	0,76	1,84	<i>Silty Sand</i>	<i>Medium</i>
9 – 18	1,68	0,84	<i>Silty Clay</i>	<i>Soft to Medium</i>
18 - 27	3,71	1,10	<i>Silty Clay</i>	<i>Soft to Medium</i>

Berdasarkan Tabel 4.3 pada kedalaman 2 – 5 meter didominasi *silty clay*, sedangkan pada kedalaman 5 – 9 meter tanah didominasi dengan tanah berpasir, sedangkan pada kedalaman 9 – 27 meter didominasi dengan tanah lempung lunak. Gambar 4.9 merupakan Grafik dan stratigrafi tanah berdasarkan hasil uji CPTu-3.



Gambar 4.9 Grafik dan Stratigrafi CPTu-3

Gambar 4.9 merupakan gambar grafik dan stratigrafi CPTu-3 berdasarkan dari analisis menurut Robertson (1984). Berdasarkan hasil analisis Robertson tanah pada kedalaman 2 – 5 meter merupakan tanah lempung (*clay*), sedangkan pada kedalaman 5 – 9 meter merupakan tanah pasir berlanau dengan nilai q_c lebih dari 2



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

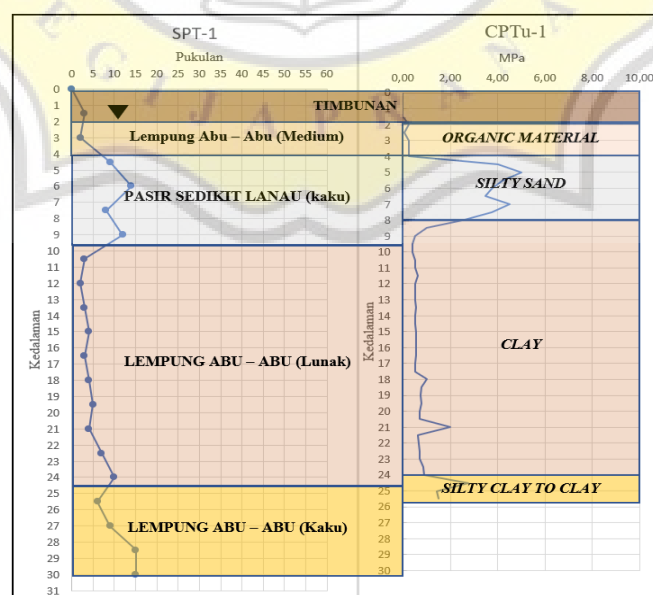
dengan rasio gesekan antara 1 – 2%. Tanah pada kedalaman 9 – 27 meter didominasi oleh tanah *silty clay to clay* dengan nilai q_c antara 1 – 2 MPa dan rasio gesekan antara 2 – 4%.

Penyelidikan tanah di lapangan yang dilakukan oleh pihak GEC terhadap perumahan Mutiara Arteri adalah uji *Standard Penetration Test*. Dalam penelitian yang dilakukan ini, uji *Standard Penetration Test* ini digunakan untuk mengonfirmasi dan jenis tanah berdasarkan parameter yang didapatkan melalui uji CPTu. klasifikasi tanah berdasarkan SPT diperlihatkan pada Tabel 4.4 - Tabel 4.6.

Tabel 4.4 Klasifikasi Tanah SPT-1

Kedalaman (m)	N _{SPT}	Jenis Tanah	Konsistensi
0 - 2	-	Timbunan	<i>Very Dense</i>
2 - 4	8	Lempung	<i>Medium</i>
4 - 9,5	12	Pasir halus sedikit lanau	<i>Medium</i>
9,5 - 24,5	5	Lempung abu – abu	<i>Soft to Medium</i>
24,5 - 30	13	Lempung abu - abu	<i>Stiff</i>

Berdasarkan titik CPTu-1 kedalaman 2 – 4 meter merupakan *organic soil*, sedangkan pada SPT-1 merupakan lempung abu – abu, sehingga dapat disimpulkan pada kedalaman 2 – 4 merupakan lempung organik. Gambar 4.10 merupakan grafik perbandingan CPTu dan SPT. Grafik SPT-1 diperlihatkan pada Lampiran B.4.



Gambar 4.10 Perbandingan Uji SPT-1 dan CPTu-1



Tugas Akhir

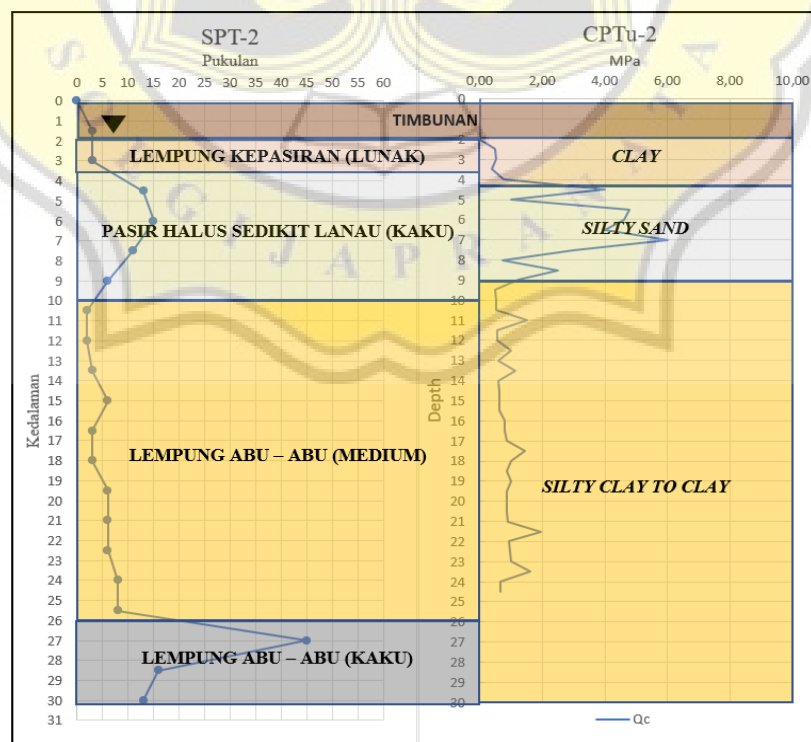
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Hasil klasifikasi tanah dan stratifikasi tanah pada Gambar 4.10 bahwa pada kedalaman 2 – 4 meter didominasi tanah lempung organik, kedalaman 4 – 9 meter didominasi dengan tanah berpasir, sedangkan pada kedalaman 9 – 30 meter didominasi dengan tanah lempung. Penyelidikan lapangan selanjutnya adalah SPT-2 yang terletak tidak jauh dari pengujian CPTu-2. Hasil klasifikasi SPT-2 dan perbandingan SPT-2 dan CPTu-2 diperlihatkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.10.

Tabel 4.5 Klasifikasi Tanah SPT-2

Kedalaman (m)	N _{SPT}	Jenis Tanah	Konsistensi
0 - 2	-	Timbunan	<i>Very Dense</i>
2 - 3,5	3	Lempung kepasiran	<i>Soft</i>
3,5 - 10	13	Pasir halus sedikit lanau	<i>Medium</i>
10 - 26	7	Lempung abu – abu	<i>Soft to Medium</i>
26 - 30	15	Lempung abu - abu	<i>Stiff</i>

Hasil penyelidikan SPT-2 di lapangan merupakan klarifikasi dari hasil klasifikasi tanah berdasarkan parameter CPTu. Pada Gambar 4.11 merupakan gambar perbandingan grafik CPTu-2 dan SPT-2. Grafik SPT-2 diperlihatkan pada Lampiran B.6.



Gambar 4.11 Perbandingan Uji SPT-2 dan CPTu-2



Tugas Akhir

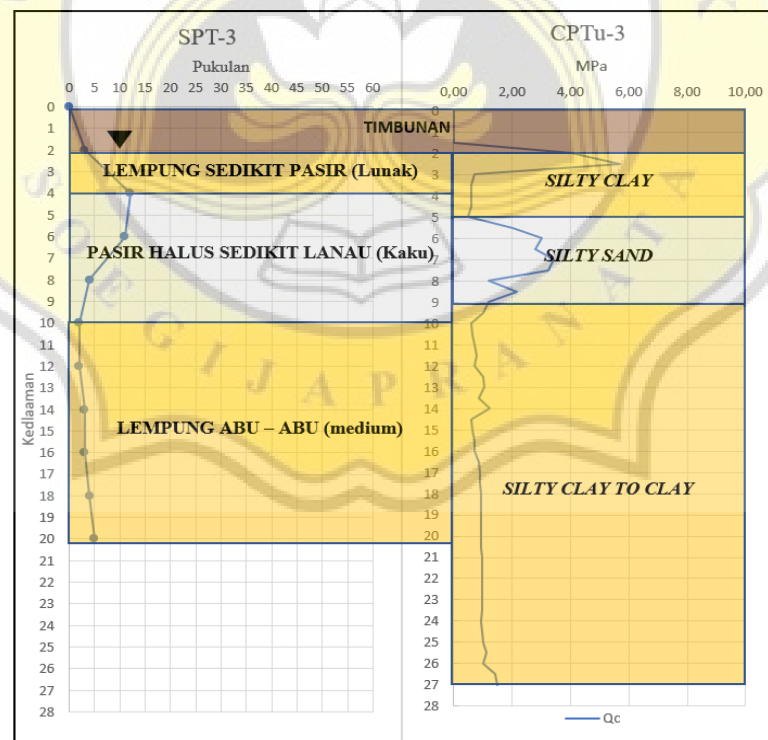
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Berdasarkan perbandingan klasifikasi tanah dan stratigrafi tanah pada Gambar 4.11 pada kedalaman 2 – 5 meter didominasi tanah *silty clay* kedalaman 5 – 9 meter didominasi dengan tanah *silty sand*, sedangkan pada kedalaman 9 – 24,5 meter didominasi dengan tanah *silty clay*. Klasifikasi pada Tabel 4.6 merupakan hasil klasifikasi SPT pada titik 3.

Tabel 4.6 Klasifikasi Tanah SPT-3

Kedalaman (m)	N _{SPT}	Jenis Tanah	Konsistensi
0 - 2	-	Timbunan	<i>Very Dense</i>
2 - 4	3	Lempung kepasiran	<i>Soft</i>
4 - 10	12	Pasir halus sedikit lanau	<i>Medium</i>
10 - 20	4	Lempung abu - abu	<i>Soft to Medium</i>

Hasil penyelidikan SPT-3 di lapangan merupakan klarifikasi dari hasil klasifikasi tanah berdasarkan parameter CPTu. Perbandingan grafik CPTu-3 dan SPT-3 diperlihatkan pada Gambar 4.12. Grafik SPT-3 diperlihatkan pada Lampiran B.8.



Gambar 4.12 Perbandingan Uji SPT-3 dan CPTu-3

Perbandingan jenis tanah dan konsistensi tanah pada uji CPTu-3 maupun uji SPT-3 relatif sama, sehingga klasifikasi tanah berdasarkan CPTu-3 dapat digunakan

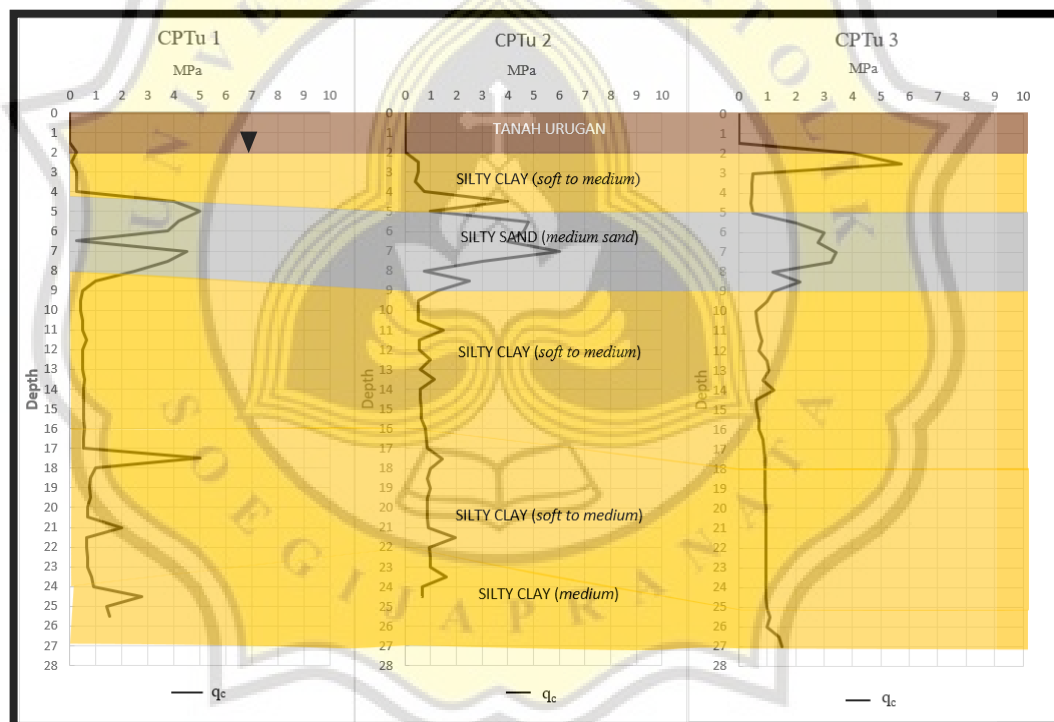


Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

sebagai acuan stratifikasi tanah. Acuan stratifikasi tanah pada CPTu-3 digunakan karena pada titik CPTu-3 merupakan pengujian dengan kedalaman tanah mencapai 27 meter, sehingga pemodelan akan lebih sesuai dengan kondisi lapangan.

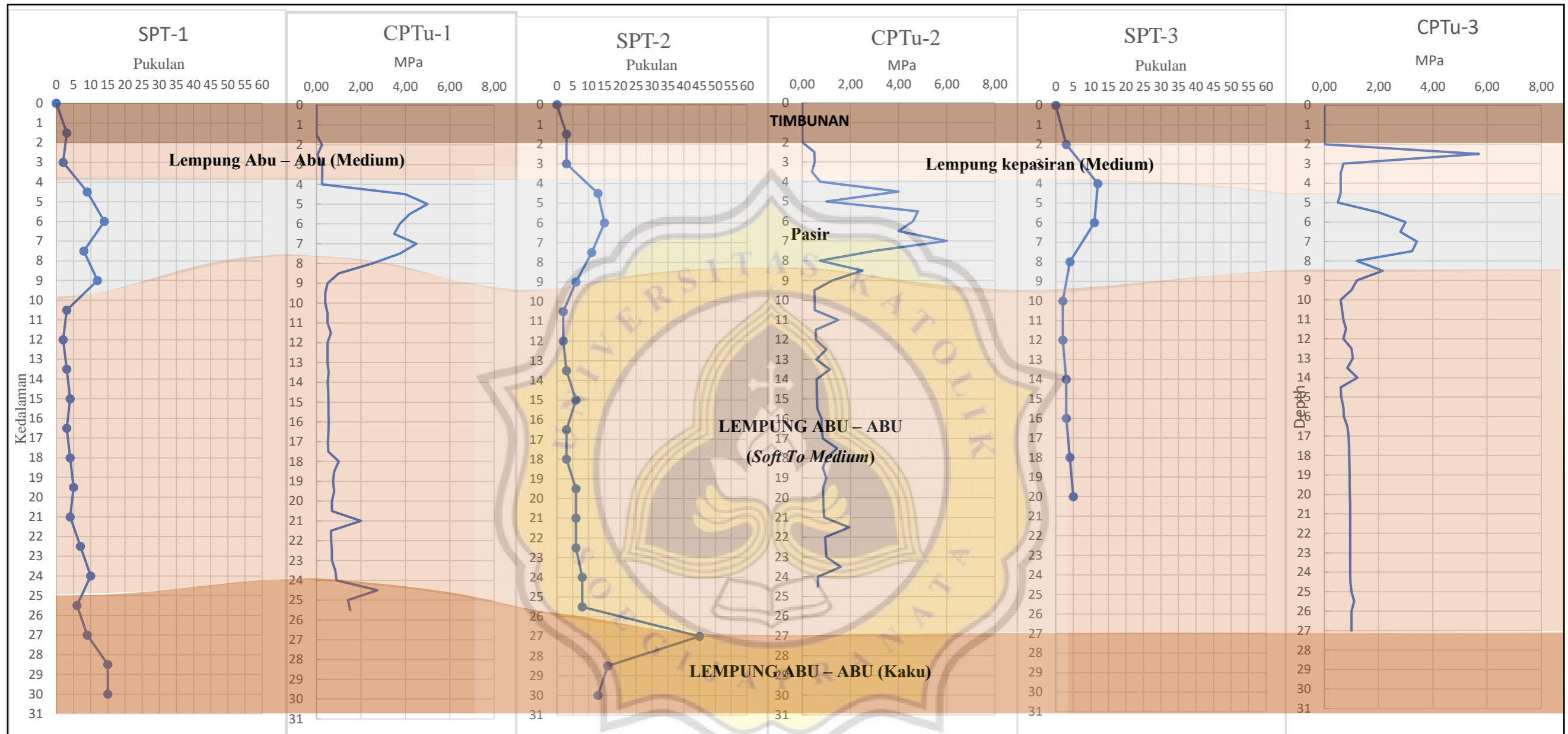
Setelah melakukan pengumpulan data dan stratifikasi tanah di tiap titik di lapangan, lalu dilakukan stratigrafi tanah untuk menghubungkan klasifikasi tanah antar titik CPTu. Stratigrafi tanah ini dilakukan dengan cara mengubungkan jenis tanah berdasarkan uji CPTu. Stratigrafi tanah ini merupakan gabungan dari stratifikasi tanah yang dilakukan pada uji CPTu-1 hingga CPTu-3 sebagai perwakilan titik pada lokasi proyek. Gambar 4.13 merupakan gambar stratigrafi tanah pada uji CPTu di lapangan.



Gambar 4.13 Stratigrafi Tanah Berdasarkan CPTu

Berdasarkan Gambar 4.13 diketahui bahwa jenis tanah di tiap lapisan tanah dari 3 titik uji relatif sama. Rata – rata jenis tanah di lapangan merupakan tanah lempung, sedangkan tanah berbutir kasar rata – rata pada kedalaman 5 – 9 meter.

Penggabungan semua uji SPT dan CPTu berfungsi untuk stratigrafi tanah dan klasifikasi tanah seluruh di lokasi penelitian. Penggabungan uji SPT dan CPTu diperlihatkan pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Stratigrafi dan Klasifikasi Tanah di Lokasi Penelitian



Berdasarkan hasil parameter penggabungan uji CPTu dan SPT yang dilakukan pihak GEC saat melakukan penyelidikan lapangan, maka lapisan tanah dilokasi penelitian dengan rata – rata 0 – 2 meter merupakan tanah timbuan dengan jenis tanah padas, sedangkan pada kedalaman rata - rata 2 – 4 meter tanah dilokasi penelitian merupakan tanah lempung kepasiran dengan konsistensi lunak. Pada kedalaman 4 – 9 meter rata – rata merupakan tanah berbutir kasar yaitu pasir. Pada kedalaman 9 meter – 27 meter rata – rata merupakan tanah lempung abu – abu berpasir dengan konsistensi lunak menuju medium. Tanah pada kedalaman lebih dari 27 meter merupakan tanah lempung abu – abu dengan konsentrasi medium menuju kaku. Hasil uji yang dihasilkan dari CPTu maupun uji SPT jenis tanah yang dihasilkan signifikan, sehingga hasil klasifikasi pada uji CPTu dapat digunakan.

4.1.2 Data laboratorium

Uji laboratorium merupakan uji tanah yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang yang berfungsi untuk mendukung data yang didapatkan melalui uji lapangan. Data laboratorium juga digunakan untuk mendukung parameter yang digunakan dalam menganalisis model melalui program PLAXIS, sehingga meminimalisir kesalahan saat melakukan pemodelan di program PLAXIS. Data laboratorium didapatkan dari tiap *sample* tanah UDS pada *Standard Penetration Test* dengan kedalaman yang telah ditentukan. Tabel 4.7 merupakan hasil rekapitulasi dari pengujian data yang dilakukan di laboratorium Universitas Politeknik Negeri Semarang yang meliputi beberapa uji seperti uji kuat geser (*Direct Shear*), uji *triaxial*, uji *atterberg limits*, *specific gravity* (SG), berat volume tanah (*Density*), ukuran butiran, uji konsolidasi, dan uji tekanan air pori.

Pada tabel 4.7 diketahui bahwa jenis tanah pasir halus lebih dominan di kedalaman antara 5 – 6 meter dari permukaan tanah pada saat pengeboran dilakukan. Sementara itu dibawah kedalaman 6 meter tanah lebih dominan tanah lempung dan lanau dengan tingkat plastisitas yang tinggi. Nilai angka pori (e) juga relatif tinggi yaitu berkisar antara 0,6 -1,9, sehingga tanah memiliki rongga antar pori yang relative besar dan sebagian terisi oleh air karena muka air tanahnya cukup tinggi.



Tabel 4.7 Data Uji Laboratorium

Bore Hole	Depth (m)	specific gravity (GS)	Density		W _n %	e	S _r %	Direct Shear		Triaxial		Atterberg Limits				Consolidation	
			γ _m (gr/cm ³)	γ _d (gr/cm ³)				c (kg/cm ²)	φ (deg)	c (kg/cm ²)	φ (deg)	LL %	PL %	Ip %	Plasticity chart	C _c	C _v (m ² /year)
B.01	5,5-6	2,73	2,14	1,66	28,98	0,54	100	0,095	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	0,100	37,34	-	-	NON PLASTIS				-	-
	11-11,5	2,75	1,93	1,42	36,17	0,93	100	0,076	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)



4.1.3 Parameter tanah (Pendekatan empiris)

Parameter tanah merupakan bagian – bagian terpenting yang berguna untuk melakukan analisis dan interpretasi yang dibutuhkan. Parameter yang digunakan untuk analisis melalui program PLAXIS sesuai dengan model material yang digunakan. Dalam penelitian ini menggunakan dua model material yaitu model Mohr-Colomb dan *Soft Soil Model*. Model *Mohr-Colomb* digunakan untuk tanah urugan dan tanah berbutir kasar, sedangkan *Soft Soil Model* digunakan untuk tanah lunak. Nilai dari parameter yang digunakan diambil berdasarkan uji yang dilakukan di laboratorium dan korelasi hasil dari CPTu yang diperlihatkan pada subbab 2.4.4. Hasil dari parameter tanah berdasarkan pendekatan empiris adalah sebagai berikut:

1. Modulus elastisitas

Parameter modulus elastisitas yang digunakan untuk pemodelan PLAXIS menggunakan korelasi nilai rata - rata tahanan ujung (q_c) pada CPTu dengan koefisien yang dijelaskan pada Tabel 2.6 dengan contoh pada CPTu-3 dengan kedalaman 2 – 5 meter.

$$\begin{aligned} E &= (3 - 8) \times q_c \text{ (kondisi lempung lunak)} \\ &= 5 \times (0,76 \times 1000) \text{ kN/m}^2 \\ &= 3800 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2. *Index swelling*

Parameter *index swelling* atau indeks pengembangan yang digunakan untuk pemodelan yaitu dengan korelasi antara *Index Swelling* dan kadar air (%) yang persamaannya diperlihatkan pada Persamaan 2.50 dengan contoh pada CPTu-3 dengan kedalaman 2 – 5 meter.

$$\begin{aligned} C_s &= 16,433 \times 10^{-6} \times w^{2,015} \\ &= 16,433 \times 10^{-6} \times (36,17)^{2,015} \\ &= 0,023 \end{aligned}$$

3. Permeabilitas

Parameter permeabilitas yang digunakan untuk pemodelan PLAXIS merupakan korelasi C_v , indeks pemampatan (m_v) dan berat volume air. Persamaan permeabilitas diperlihatkan pada Persamaan 2.69 pada kedalaman 2 – 5 m.

$$k = \gamma_w \times C_v \times m_v$$



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

$$k = 9,81 \times (0,5 \times 0,077) \times \left(\frac{1}{1000 \times 0,76 \times 7,7} \right)$$

$$k = 9,81 \times 0,0359 \times 0,00131$$

$$k = 0,0004636 \text{ m/hari}$$

4. Berat volume jenuh air

Berat volume jenuh air ini diambil berdasarkan berat tanah dalam kondisi jenuh air (*saturated*). Pada kedalaman 2 – 5 meter berat tanah yang diambil merupakan berat tanah jenuh air dikarenakan pada kedalaman tersebut keseluruhan dari pori tanah terisi oleh air, sehingga γ_{moist} dalam uji laboratorium dapat disebut dengan $\gamma_{sat} = 17,49 \text{ kN/m}^3$.

5. Berat volume tanah tak jenuh air

Berat volume tanah tak jenuh air diambil diantara berat volume tanah jenuh air (γ_{sat}) dan berat volume tanah kering. Berat volume tanah tak jenuh air ini juga diambil mendekati dengan berat volume tanah saat kondisi jenuh air dengan selisih 1 – 3 kN/m^2 .

$$\begin{aligned} \gamma_{unsat} &= \gamma_{dry} < \gamma_{unsat} < \gamma_{sat} \\ &= 17,49 - 1 \\ &= 16,49 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

6. Parameter berdasarkan uji laboratorium

Parameter lain yang digunakan dalam pemodelan PLAXIS terdapat pada hasil uji laboratorium seperti indeks kompresi (C_c), angka pori (e), nilai kohesi (c) dan sudut geser tanah.

Data parameter yang dihasilkan dari korelasi CPTu maupun berdasarkan dari uji laboratorium yang dilakukan pihak Mutiara Arteri kemudian direkap menjadi satu tabel rekapitulasi yang terdapat pada Tabel 4.8. Tabel rekapitulasi ini akan digunakan untuk *input* parameter pada program PLAXIS sebagai acuan untuk hasil pemodelan.

Parameter yang digunakan sebagai contoh pemodelan di laporan skripsi ini diambil dari parameter CPTu-3. Parameter CPTu-3 diambil dikarenakan pada pengujian lapangan dilakukan pengujian hingga kedalaman 27 meter yang merupakan pengujian terdalam.



Tabel 4.8 Rekapitulasi Parameter Tanah

	Kedalaman (m)	Tanah	Konsistensi	Material	q_c (Mpa)	E (kN/m ²)	C_c	C_s	c (kN/m ²)	Sudut Geser	K (m/hari)	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
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	$1,17 \times 10^{-4}$	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	$1,17 \times 10^{-4}$	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	$0,81 \times 10^{-4}$	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	$1,14 \times 10^{-4}$	14,69	15,69
CPTu-2	0 - 2	Timbunan	<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	$1,73 \times 10^{-4}$	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	$1,74 \times 10^{-4}$	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	$0,48 \times 10^{-4}$	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	$0,58 \times 10^{-4}$	13,22	14,22
CPTu-3	0 - 2	Timbunan	<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	$4,63 \times 10^{-4}$	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	$4,63 \times 10^{-4}$	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	$6,73 \times 10^{-4}$	13,95	14,95



4.1.4 Parameter struktur bangunan

Parameter struktur bangunan merupakan parameter – parameter yang diperlukan program plaxis pada bagian struktur untuk melakukan analisis yang dibutuhkan. Parameter – parameter ini meliputi modulus elastisitas (E), beban struktur (w), moment inersia (I), luas permukaan bidang (A), kekakuan lentur (EI), dan kekakuan normal (EA). Struktur yang diperhitungkan meliputi kolom dengan ukuran 15 cm x 20 cm, ring balok dengan ukuran, dan pondasi. Berikut merupakan contoh perhitungan parameter pada struktur kolom dengan dimensi 15 cm x 20 cm.

1. Mutu beton

Mutu beton pada kolom dengan ukuran 15 cm x 20 cm menggunakan K-300 atau 25 Mpa atau 25000 kN/m².

2. Modulus elastisitas beton

Nilai modulus elastisitas beton yang digunakan sebagai input parameter untuk bangunan adalah sebagai berikut:

$$E = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$E = 4700 \sqrt{25}$$

$$E = 23500 \text{ MPa} = 23 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$$

3. Luas permukaan beton

Nilai luas permukaan beton pada kolom diambil berdasarkan dimensi kolom yang ada di lapangan dengan ukuran 15 cm x 20 cm, sehingga luas permukaan beton adalah sebagai berikut:

$$L = \text{Tinggi (h)} \times \text{Lebar (l)}$$

$$L = 0,15 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$$

$$L = 0,03 \text{ m}^2$$

4. Kekakuan lentur (EI)

Nilai kekakuan lentur pada kolom didapatkan dari hasil perkalian modulus elastisitas beton dan moment inersia kolom.

$$EI = E \times I$$

$$EI = 235 \times 10^5 \times 5,62 \times 10^{-5}$$

$$EI = 1321,875 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

5. Kekakuan normal (EA)

Nilai kekakuan normal didapatkan berdasarkan hasil perkalian modulus elastisitas dengan moment luas permukaan kolom.

$$EA = E \times A$$

$$EA = 235 \times 10^5 \times 0,03$$

$$EA = 7050000 \text{ kN/m}$$

6. Beban struktur (w)

Beban struktur pada kolom yang digunakan dalam program plaxis didapatkan berdasarkan beban beton tiap 1 m², dengan hasil sebagai berikut:

$$W = \frac{\text{Beban Beton Bertulang} \times h \times b}{\text{jarak antar kolom}}$$

$$W = \frac{24 \times 0,15 \times 0,2}{3}$$

$$W = 0,24 \text{ kN/m/m}$$

Hasil rekapitulasi parameter struktur bangunan diperlihatkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Parameter Struktur Bangunan

Struktur	Parameter	Nilai
Kolom (15 cm x 20 cm)	Mutu Beton (K)	K-300
	Modulus Elastisitas (E)	235 x 10 ⁵ kN/m ²
	Tinggi (h)	0,15 meter
	Lebar (l)	0,2 meter
	Luas permukaan kolom (A)	0,03 m ²
	Kekakuan Lentur (EI)	1321,875
	Kekakuan Normal (EA)	705000
	Beban Struktur (w)	0,24 kN/m/m
	Angka Poisson	0,2
Ring Balok (20 cm x 15 cm)	Mutu Beton (K)	K-275
	Modulus Elastisitas (E)	225,4 x 10 ⁵ kN/m ²
	Tinggi (h)	0,2 meter
	Lebar (l)	0,15 meter
	Luas permukaan kolom (A)	0,03 m ²
	Kekakuan Lentur (EI)	2254
	Kekakuan Normal (EA)	676200
	Beban Struktur (w)	1,6 kN/m/m
	Angka Poisson	0,2
Pondasi Batu Kali	Mutu Beton (K)	K-300
	Modulus Elastisitas (E)	235 x 10 ⁵ kN/m ²
	Panjang (h)	1 meter
	Lebar (l)	0,5 meter
	Luas permukaan kolom (A)	0,03 m ²
	Kekakuan Lentur (EI)	979166,67
	Kekakuan Normal (EA)	11750000
	Beban Struktur (w)	16,5 kN/m/m



Berdasarkan pada Tabel 4.9 bahwa struktur kolom, balok, dan pondasi batu kali masing masing hanya memiliki dimensi 1 dimensi dengan dimensi kolom berukuran 15 cm x 20 cm, balok atau balok ring dengan ukuran 20 cm x 15 cm dan pondasi batu kali dengan ukuran 0,5 m x 1 m' dengan kedalaman 1,1 meter di bawah urugan dengan parameter sesuai pada Tabel 4.9. Parameter pada Tabel 4.9 kemudian akan diinputkan sebagai parameter pada struktur di program PLAXIS.

4.1.5 Pembebanan Bangunan

Pembebanan merupakan beban diluar beban struktur utama seperti, beban mati dan beban hidup. Besarnya pembebanan ini berdasarkan SNI 03-1727-1989 mengenai peraturan pembebanan. Besar pembebanan sebagai berikut:

1. Beban lantai

a. Beban mati

Spesi (3 cm)	= 3 x 0,21 kN/m ²	= 0,63 kN/m ²
Ubin (1 cm)	= 1 x 0,24 kN/m ²	= 0,24 kN/m ²
Pasir (10 cm)	= 0,1 x 16 kN/m ³	= 1,60 kN/m ² +
Total beban mati		= 2,47 kN/m ²

b. Beban hidup

Beban hidup (Rumah sederhana 1 lantai)	= 1,92 kN/m ²
--	--------------------------

Total Beban	= 1,2 DL + 1,6 LL	
	= 1,2 (2,47) + 1,6 (1,92)	= 6,036 kN/m ²

2. Beban atap

a. Beban mati

Beban plafon	= 0,11 kN/m ²
Beban baja ringan	= 0,40 kN/m ²
Beban penutup atap + kaso + reng	= 0,50 kN/m ² +
Total Beban mati	= 1,01 kN/m ²

b. Beban hidup

Beban hidup	= 1,00 kN/m ²
-------------	--------------------------

Total Beban	= 1,2 DL + 1,6 LL
-------------	-------------------



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

$$= 1,2 (1,01) + 1,6 (1) = 2,812 \text{ kN/m}^2$$

Beban atap tersebut tersebar keseluruh bagian bangunan yang tertutup atap dengan luasan $58,65 \text{ m}^2$ yang ditopang oleh 9 kolom yang terbagi sama rata. Sehingga berat beban tiap meter lari adalah sebagai berikut:

$$P_{\text{atap tiap kolom}} = \frac{\text{Total Beban} \times \text{luas bangunan}}{\text{jumlah kolom yang menopangi} \times \text{lebar}}$$

$$P_{\text{atap tiap kolom}} = \frac{2,812 \times 58,65}{9 \times 3} = 6,108 \text{ kN/m}$$

3. Beban dinding dan sloof

a. Beban mati

$$\text{Beban dinding (3,3 m)} = 3,3 \times 2,5 \text{ kN/m}^2 = 8,25 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sloof (20 x 25)} = 0,25 \times 0,2 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 1,20 \text{ kN/m} +$$

$$\text{Total beban mati} = 9,49 \text{ kN/m}$$

b. Beban hidup

$$\text{Total Beban mati} = 1,92 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Beban} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (9,49) + 1,6 (1,92) = 14,412 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4.2 Pemodelan PLAXIS dengan Muka Air Tanah Asli

Pemodelan PLAXIS ini dilaksanakan sesuai dengan kondisi muka air tanah di lapangan. Tujuan dari pemodelan ini untuk mengetahui besar penurunan, lama waktu penurunan hingga daya dukung tanah pada lokasi penelitian. Besarnya penurunan tanah akibat beban ini akan berdampak terhadap bangunan yang akan dibangun. Bentuk *mesh* dari penurunan akan diperlihatkan melalui *shading* dan nilai dari penurunan.

Pemodelan dan hasil kalkulasi dari muka air tanah asli pada Proyek Perumahan Mutiara Arteri akan dijelaskan pada subbab ini. Penjelasan mengenai pengaturan pemodelan dan *output* akan dijabarkan juga pada subbab ini agar pemodelan tersebut dapat dianalisis.



Tugas Akhir

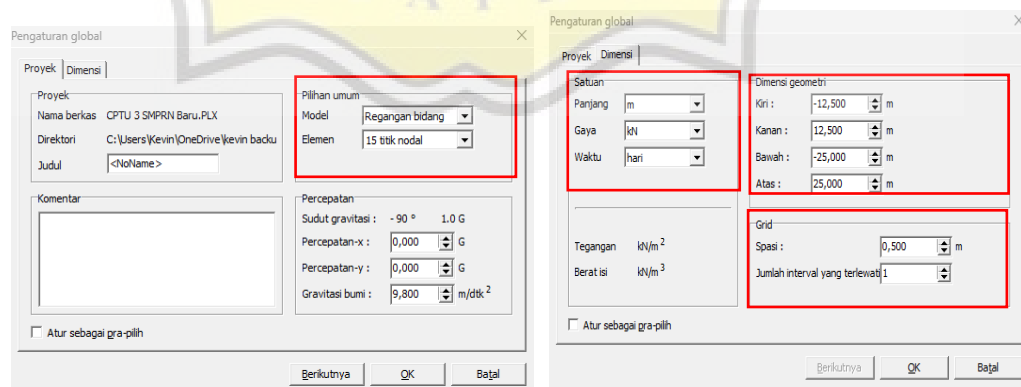
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

4.2.1 Input pemodelan PLAXIS dan pengaturan kalkulasi

Tahap – tahap pembuatan model PLAXIS dan kalkulasinya dilakukan sebagai berikut:

1. Pengaturan Global

Tahap awal pemodelan PLAXIS yaitu melakukan pengaturan global. Pada Gambar 4.15 pengaturan global terbagi menjadi 2 pengaturan pada *tool bar* yaitu proyek dan dimensi. Pada *tool bar* proyek mengatur mengenai pemilihan model, pemilihan elemen dan percepatan gravitasi. Pemilihan model yang digunakan dalam penelitian ini adalah regangan bidang atau *plane strain*, pemilihan regangan bidang ini dikarenakan pada penelitian ini mengambil potongan bangunan rumah sebagai perwakilan bangunan dengan panjang dan luas yang tak terhingga. Elemen yang digunakan adalah nodal 15 dikarenakan pemilihan elemen ini penggunaannya akan lebih kompleks dan sesuai dengan kondisi di lapangan. Pada *tool bar* selanjutnya adalah dimensi. *Tool bar* ini merupakan pengaturan awal terhadap dimensi seperti satuan, ukuran dimensi geometri, serta jarak antar grid yang disesuaikan kebutuhan. Pengaturan satuan terdiri dari satuan panjang dalam meter, satuan gaya dalam kN, sedangkan satuan waktu dalam hari. Pada dimensi geometri pengaturan kiri adalah -12,5 meter, pengaturan kanan 12,5 meter, pengaturan bawah -25,0 meter, sedangkan pengaturan atas 25 meter. Pengaturan dimensi geometri ini dipilih agar beban terlihat di tengah – tengah model.

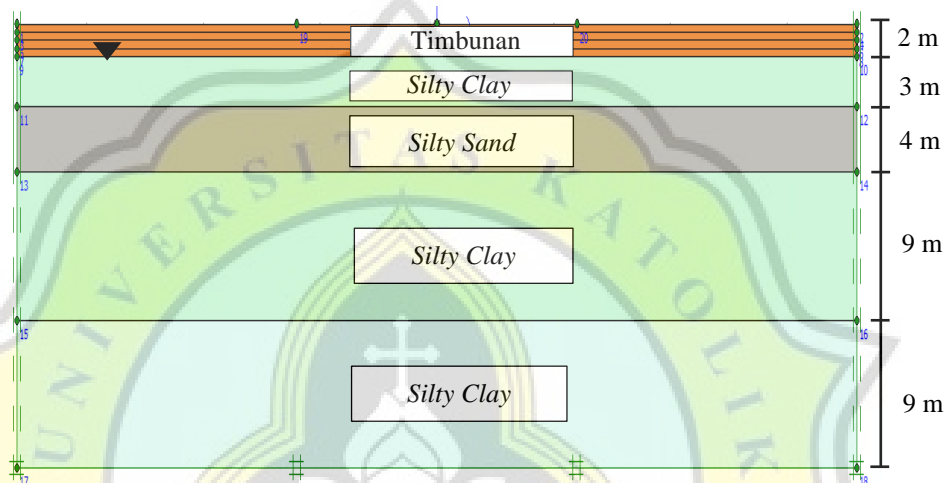
(a) *Tool bar* Proyek(b) *Tool Bar* Dimensi

Gambar 4.15 Pengaturan Global Program PLAXIS



2. Menggambar model sesuai dengan stratifikasi tanah

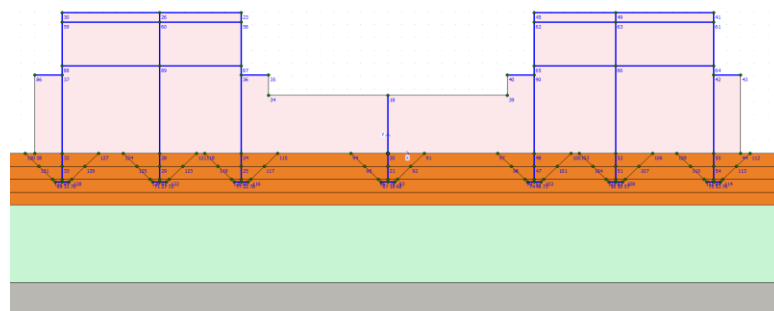
Tahap selanjutnya dalam pemodelan PLAXIS adalah melakukan penggambaran sesuai dengan stratifikasi dan stratigrafi tanah pada titik CPTu-3. Gambar 4.14 merupakan gambar yang meliputi stratifikasi tanah, tanah timbunan. Gambar 4.16 merupakan gambar model dari stratifikasi tanah ini sesuai dengan lapisan tanah pada potongan A – A'.



Gambar 4.16 Pemodelan dengan Muka Air Tanah Asli

3. Menggambar model struktur bangunan menggunakan *tools* pelat

Pada tahap menggambar bentuk bangunan, *tools* yang digunakan adalah pelat. Penggambaran model hanya meninjau 2 bangunan rumah saja sesuai dengan potongan A – A' pada *site plan* dan gambar potongan. Potongan bangunan rumah yang digunakan ini akan mewakili analisis yang dibutuhkan seperti penurunan konsolidasi primer, waktu penurunan konsolidasi, dan daya dukung pondasi. Pada Gambar 4.17 merupakan potongan bangunan yang digambar menggunakan program PLAXIS.



Gambar 4.17 Beban Struktur Bangunan Rumah



4. Input data material dan parameter tanah

Input parameter yang digunakan dibagi menjadi 2 berdasarkan model materialnya yaitu *Mohr-Colomb Model* dan *Soft Soil Model*.

a. *Mohr-Colomb Model*

Model digunakan untuk tanah berbutir kasar yang parameternya meliputi modulus elastisitas, berat volume tanah tak jenuh (γ_{unsat}), berat volume tanah jenuh (γ_{sat}), angka poisson, kohesi, sudut geser, permeabilitas (k).

b. *Soft Soil Model*

Soft Soil Model digunakan untuk tanah berbutir halus dengan konsistensi tanah lunak dengan parameter yang digunakan adalah berat volume tanah tak jenuh (γ_{unsat}), berat volume tanah jenuh (γ_{sat}), indeks kompresi (C_c), dan indeks pengembangan (C_s), permeabilitas (k) angka poisson, angka pori, kohesi, dan sudut geser. Nilai – nilai dari parameter diperlihatkan pada Tabel 4.10.

Pada *input* kumpulan data material terbagi menjadi 3 pengaturan utama, yaitu pengaturan umum, parameter, dan antar muka. *Input* pengaturan umum meliputi identifikasi, model material, jenis material, berat volume jenuh air, berat volume tak jenuh air, dan permeabilitas. Contoh *input* pengaturan umum diperlihatkan pada Gambar 4.18.

Model Soft Soil - tanah Lempung 1

Umum	Parameter	Antarmuka
Kumpulan material		
Identifikasi:	tanah Lempung 1	
Model material:	Model Soft Soil	
Jenis material:	Tak terdrainase	
Komentar		
Sifat umum		
γ_{unsat}	16,485	kN/m ³
γ_{sat}	17,485	kN/m ³
Permeabilitas		
k_x	4,636E-04	m/hari
k_y	4,636E-04	m/hari
Tingkat lanjut...		

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.18 Pengaturan Umum Data Material



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Dengan memasukan nilai angka pori awal e_{awal} pada pengaturan umum tingkat lanjut. Angka yang dimasukan sesuai berdasarkan uji laboratorium. *Input* air pori awal (e_{awal}) diperlihatkan pada Gambar 4.19.

Sifat-sifat umum tingkat lanjut

Gambar 4.19 Masukan Angka Pori Mula – Mula

Pengaturan kedua yaitu parameter. Parameter yang digunakan antara model *Mohr-Colomb* dan *Soft Soil Model* terdapat perbedaan. Parameter dengan Model *Mohr-Colomb* dan *Soft Soil Model* diperlihatkan pada Gambar 4.20 dan Gambar 4.21 secara berturut turut.

Gambar 4.20 Parameter Model *Mohr-Colomb*



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Model Soft Soil - tanah Lempung 1

Umum | Parameter | Antarmuka

Kekakuan

λ^* (lambda*) : 0,066

κ^* (kappa*) : 0,010

Kekuatan

c : 7,480 kN/m²

ϕ (phi) : 40,820 °

ψ (psi) : 0,000 °

Alternatif

Gunakan alternatif

C_c : 0,2950

C_s : 0,0230

e_{awal} : 0,9300

Tingkat lanjut...

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.21 Parameter Model *Soft Soil Model*

Parameter lapisan tanah lain diinputkan sesuai dengan langkah di atas. Parameter lain diperlihatkan pada Tabel 4.8.

5. Input parameter struktur

Input parameter struktur pada program PLAXIS merupakan input data pelat pada PLAXIS. Parameter struktur yang dibutuhkan seperti kekakuan normal (EA), kekakuan lentur (EI), beban struktur, angka poisson dan modulus elastisitas. Pada Gambar 4.22 merupakan gambar input parameter struktur berdasarkan Tabel 4.9.

Sifat pelat

Kumpulan material

Identifikasi: kolom

Jenis material: Elastis

Komentar

Sifat-sifat

EA : 3,525E+05 kN/m

EI : 293,750 kNm²/m

d : 0,100 m

w : 1,200 kN/m/m

v : 0,200

Gambar 4.22 Parameter Struktur Kolom

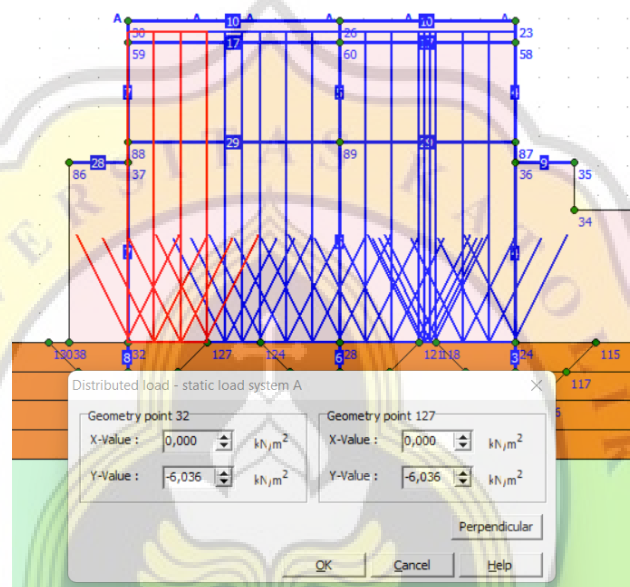


Tugas Akhir

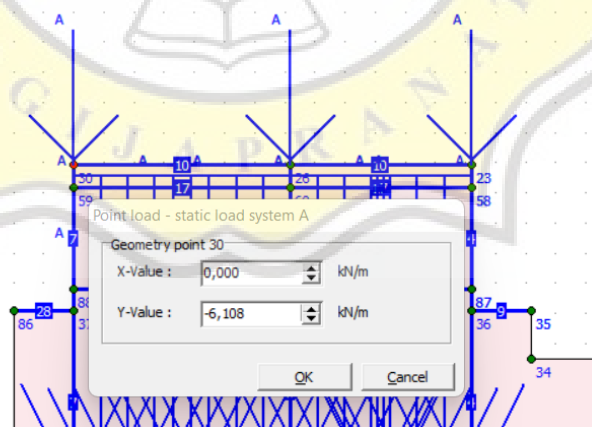
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

6. Input beban

Input beban pada PLAXIS merupakan beban diluar beban struktur utama seperti beban tembok, beban lantai, beban acian, beban keramik, beban atap, dan beban hidup dari bangunan rumah. Nilai beban pada PLAXIS terdapat pada Subbab 4.1.5. Pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24 merupakan proses input beban merata dan beban terpusat.



Gambar 4.23 Input Beban Merata



Gambar 4.24 Input Beban Terpusat

7. Menyusun jaringan elemen

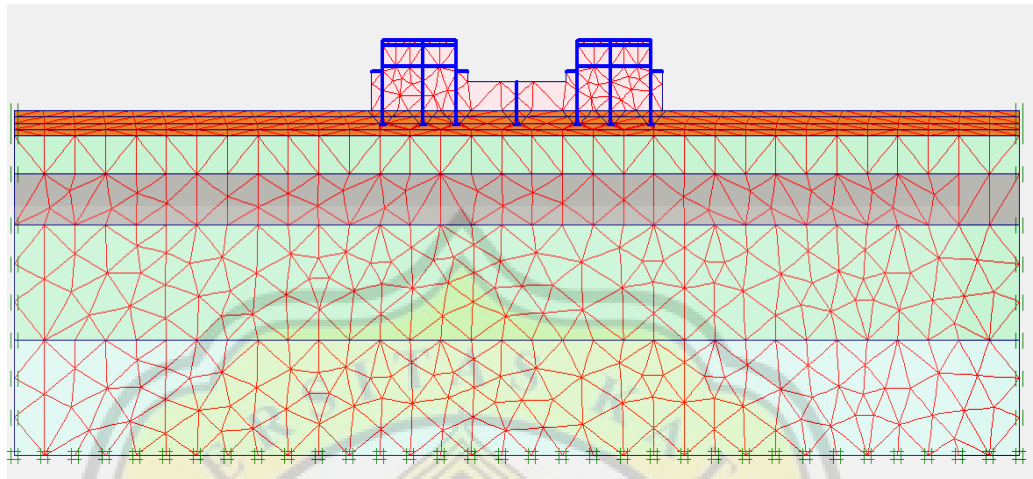
Menyusun jaringan elemen pada PLAXIS berfungsi untuk mengetahui bentuk deformasi dan sifat dari tanah yang diakibatkan karena beban yang bekerja.



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

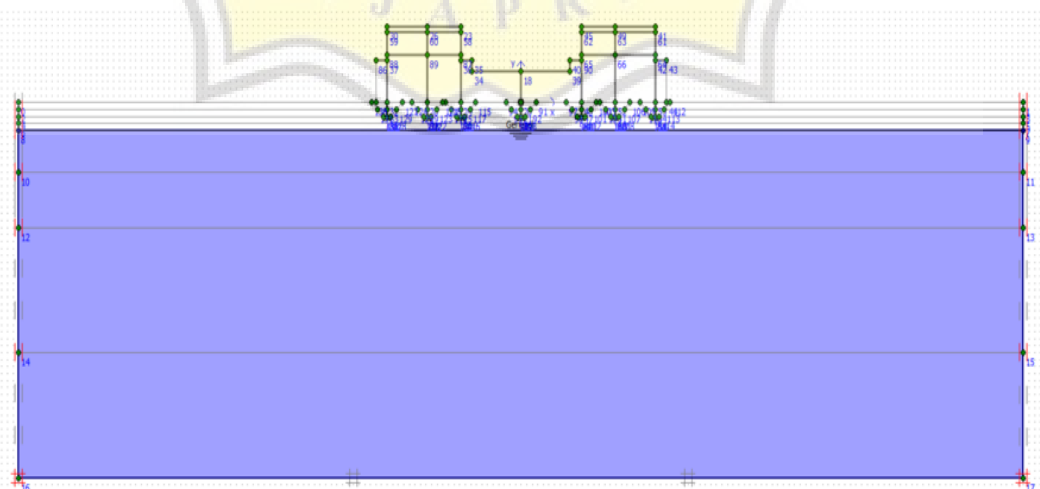
Gambar 4.25 merupakan gambar jaringan elemen yang dihasilkan yang berfungsi untuk memperhitungkan nilai tegangan yang bekerja.



Gambar 4.25 Susunan Jaringan Elemen

8. Pengaturan kondisi awal (*initial condition*)

Pengaturan kondisi awal ini terbagi menjadi 2 tahap yaitu tahap kondisi awal tegangan tanah dan kondisi muka air tanah awal. Gambar 4.26 merupakan penggambaran muka air tanah, sedangkan Gambar 4.27 merupakan gambar tekanan air pori aktif pada proyek perumahan Mutiara Arteri. Tekanan air pori diukur dari permukaan air pada kedalaman 2 meter di bawah tanah timbunan. Berat volume air tanah di lokasi proyek tersebut adalah $9,8 \text{ kN/m}^3$ dengan tekanan air pori sebesar $249,29 \text{ kN/m}^2$.

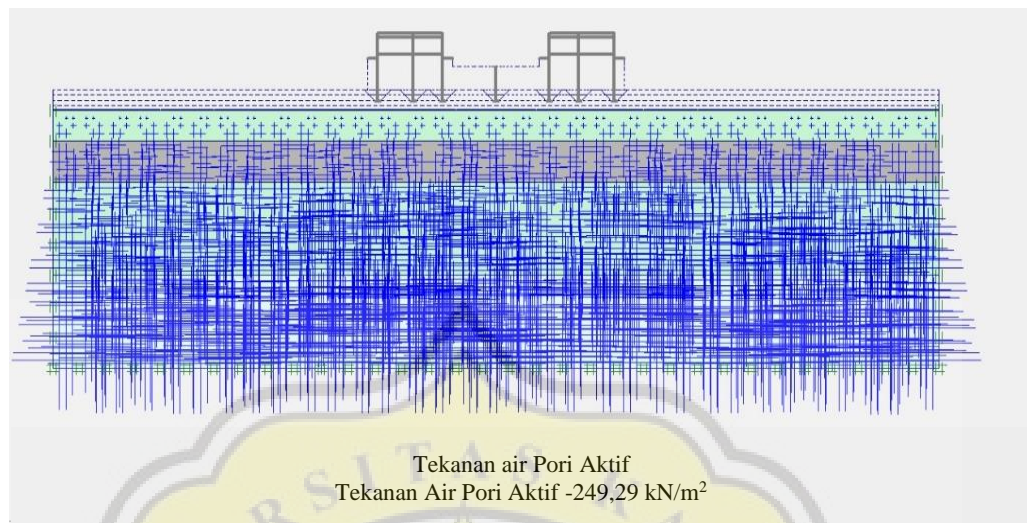


Gambar 4.26 Muka Air Tanah



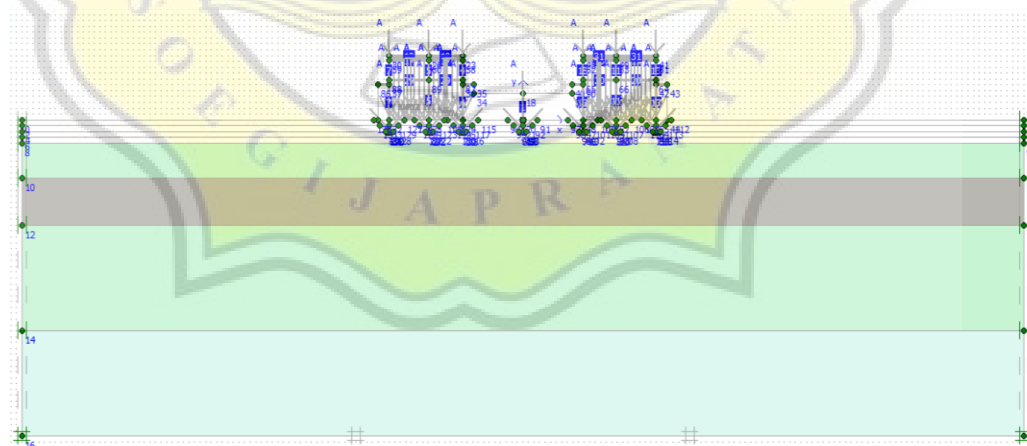
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.27 Tekanan Air Pori Aktif

Kondisi awal yang kedua adalah tegangan tanah awal. Tegangan tanah pada kondisi awal ini berfungsi untuk mengetahui besar tegangan tanah asli sebelum adanya timbunan dan bangunan dengan cara nonaktif beban bangunan dan tanah timbunan yang terdapat pada Gambar 2.28. Tegangan tanah asli dengan kondisi awal adalah sebesar 164,68 kN/m² yang merupakan tegangan tanpa timbunan dan bangunan.

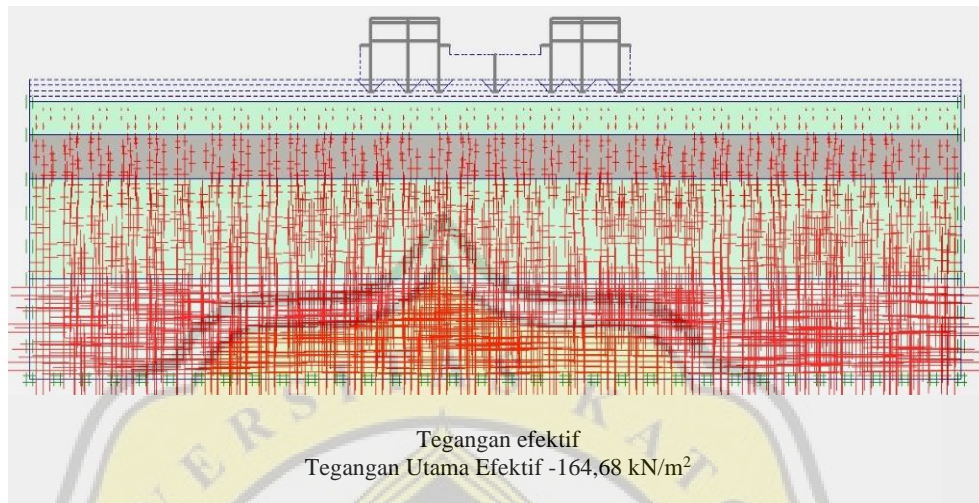


Gambar 4.28 Nonaktif Beban Timbunan dan Beban Bangunan

Gambar 4.28 merupakan kondisi tanah asli tanpa beban timbunan dan beban bangunan. Beban timbunan dan beban bangunan dinonaktifkan dengan cara klik pada model timbunan dan bangunan hingga tanah pada timbunan dan bangunan tidak berwarna.



Pada Gambar 4.29 merupakan tegangan efektif tanah awal setelah nonaktif beban bangunan dan tanah timbunan.



Gambar 4.29 Tegangan Kondisi Awal Tanah

9. Pengaturan kalkulasi

Pengaturan kalkulasi merupakan pengaturan untuk mengetahui hasil pengeluaran dari model PLAXIS. Pengaturan kalkulasi ini dibagi menjadi 4 jenis perhitungan yaitu analisa plastis, analisa konsolidasi, analisa reduksi phi-c dan analisa dinamik. Dalam penelitian ini jenis analisis yang digunakan adalah analisis plastis dan analisis konsolidasi. Analisis plastis digunakan untuk tiap jenis pekerjaan seperti timbunan, galian, pekerjaan pondasi, dan pekerjaan struktur atas, sedangkan analisis konsolidasi digunakan untuk mengetahui hasil yang berhubungan dengan penurunan konsolidasi.

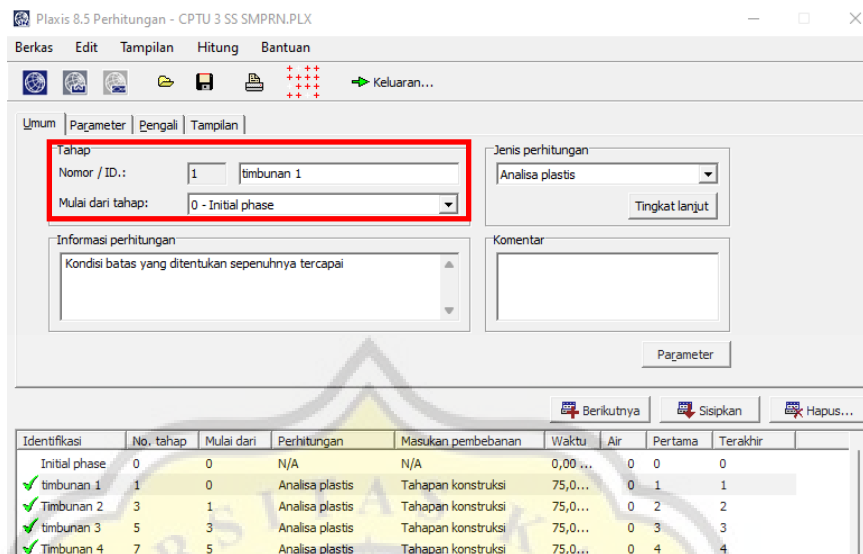
a. Pengaturan kalkulasi timbunan

Pengaturan kalkulasi timbunan ini merupakan tahap awal dari pekerjaan konstruksi. Total tinggi timbunan pada lokasi penelitian ini adalah 2 meter, sehingga timbunan dilakukan 4 kali penimbunan dengan setiap penimbunan dilakukan setinggi 50 cm, oleh karena itu pengaturan kalkulasi timbunan dilakukan 4 tahap. Pada Gambar 4.27 merupakan pengaturan kalkulasi untuk tanah timbunan. Pengaturan kalkulasi ini dibagi menjadi 2 pengaturan yaitu pengaturan umum pada Gambar 4.30 bagian A dan pengaturan pada Parameter pada Gambar 4.30 bagian B.

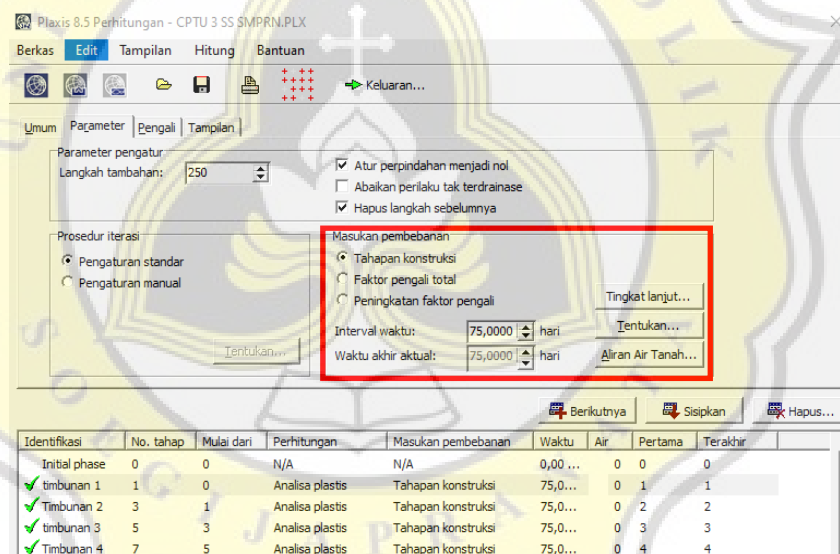


Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



(a) Pengaturan Kalkulasi Umum



(b) Pengaturan Pada Parameter

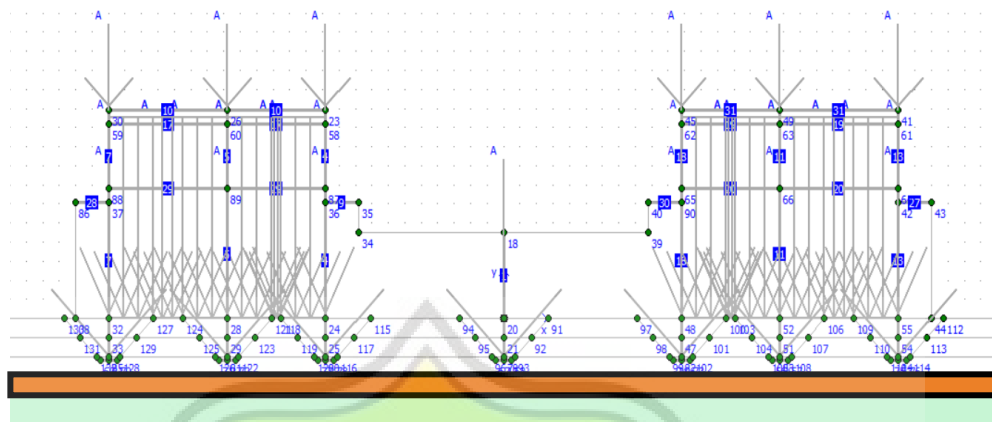
Gambar 4.30 Pengaturan Kalkulasi Timbunan

Tahapan timbunan dilakukan sebanyak 4 kali dengan jenis perhitungan Analisa plastis. Tiap tahapan timbunan akan mewakili 1 lapisan tanah timbunan dengan cara mengaktifkan tanah timbunan seperti pada Gambar 4.31. Pada Gambar 4.31 (a) merupakan pengaktifan tahapan timbunan 1, Gambar 4.31 (b) merupakan pengaktifan tahapan timbunan 2, Pada Gambar 4.31 (c) merupakan pengaktifan tahapan timbunan 3, pada Gambar 4.31 (d) merupakan pengaktifan tahapan timbunan 4.

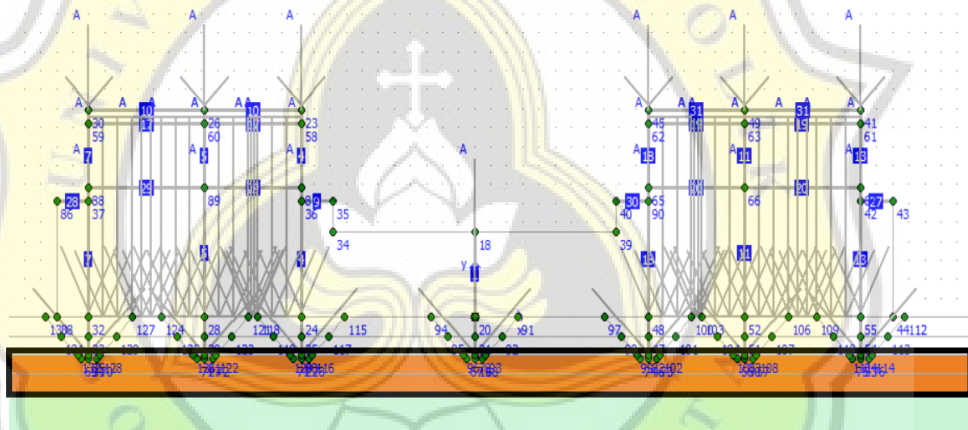


Tugas Akhir

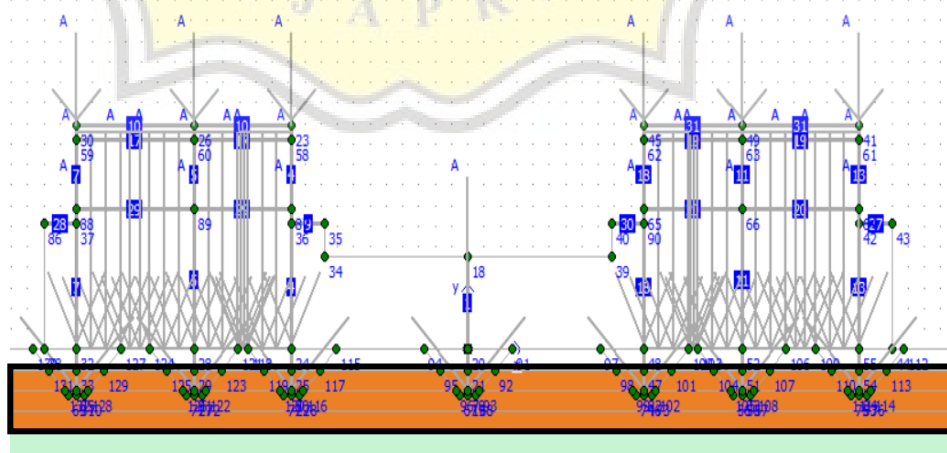
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



(a) Pengaktifan Timbunan 1 Pada Tahap 1



(b) Pengaktifan Timbunan 2 Pada Tahap 2

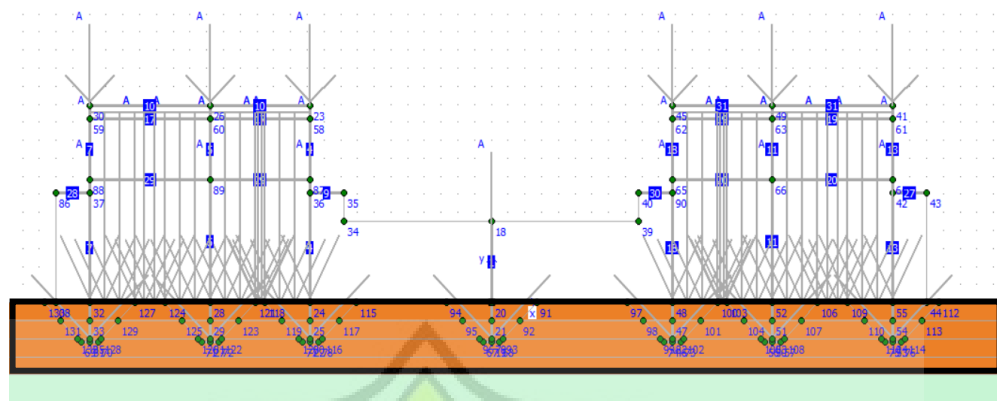


(c) Pengaktifan Timbunan 3 Pada Tahap 3



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

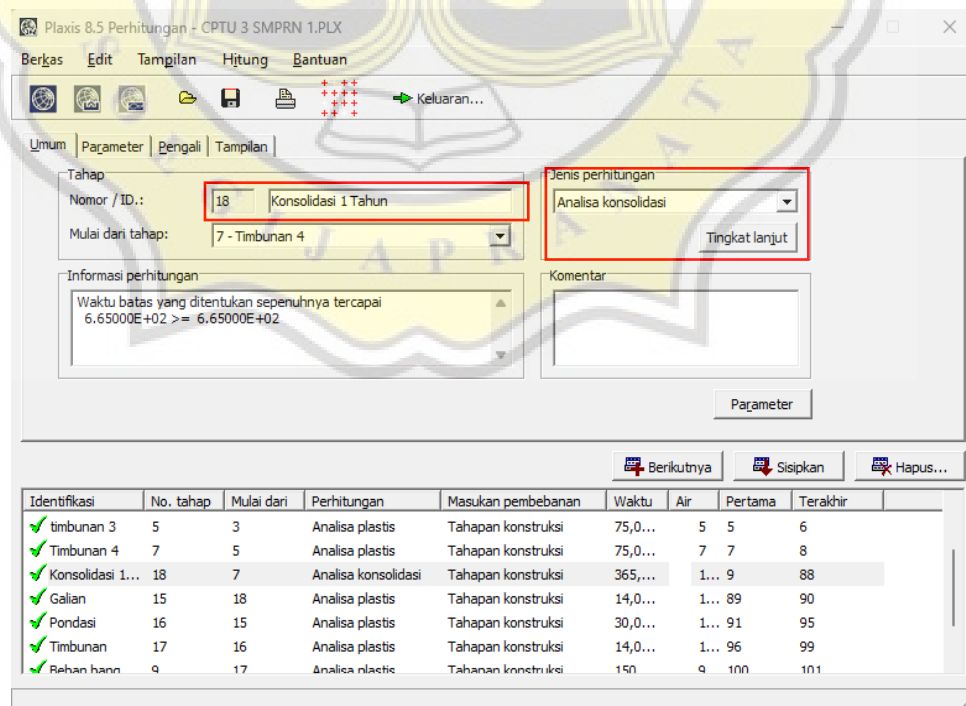


(d) Pengaktifan Timbunan 4 Pada Tahap 4

Gambar 4.31 Tahapan Timbunan Tanah

b. Pengaturan kalkulasi konsolidasi 1 tahun

Pengaturan kalkulasi konsolidasi 1 tahun ini dilakukan setelah tahapan timbunan. Tanah di lokasi dilakukan konsolidasi setelah tahapan timbunan selama 1 tahun agar tanah tersebut tidak mengalami penurunan signifikan saat tahapan pondasi dan bangunan. Gambar 4.32 merupakan pengaturan kalkulasi pada tahapan konsolidasi 1 tahun.

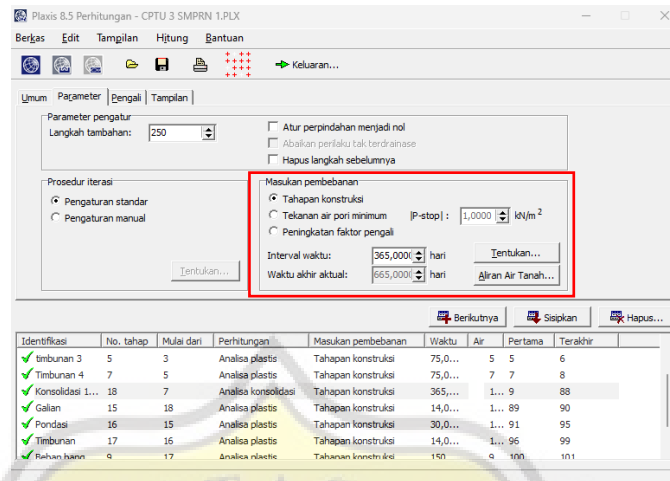


(a) Pengaturan Umum Konsolidasi 1 Tahun



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



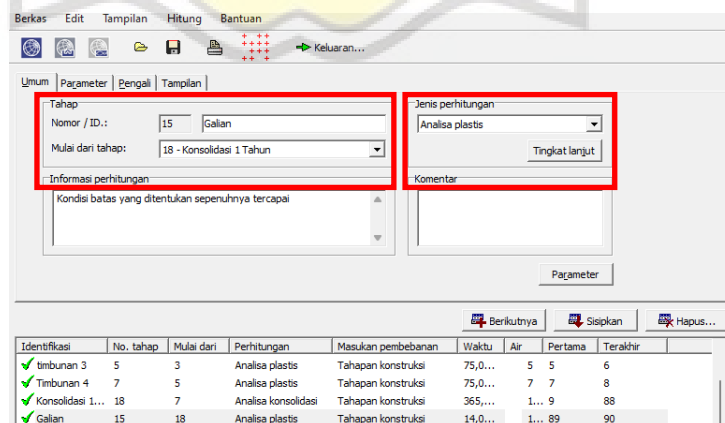
(b) Pengaturan Parameter Konsolidasi 1 Tahun

Gambar 4.32 Pengaturan Kalkulasi Konsolidasi 1 tahun

Pada Gambar 4.32 (a), jenis perhitungan yang digunakan adalah Analisa Konsolidasi pada tahapan setelah timbunan 4. Pada Gambar 4.32 (b) interval waktu yang digunakan adalah 365 hari atau 1 tahun.

c. Pengaturan kalkulasi galian pondasi

Pengaturan kalkulasi pada galian pondasi ini dilakukan setelah tanah timbunan terkonsolidasi 1 tahun dan dilakukan sebelum pekerjaan pondasi. Galian pondasi ini digali sedalam penanaman pondasi yaitu 1,1 meter di bawah tanah timbunan. Pada Gambar 4.33 merupakan pengaturan kalkulasi untuk galian pondasi yang dibagi menjadi 2 pengaturan yaitu pengaturan umum pada Gambar 4.33 (a) dan pengaturan parameter pada Gambar 4.33 (b).

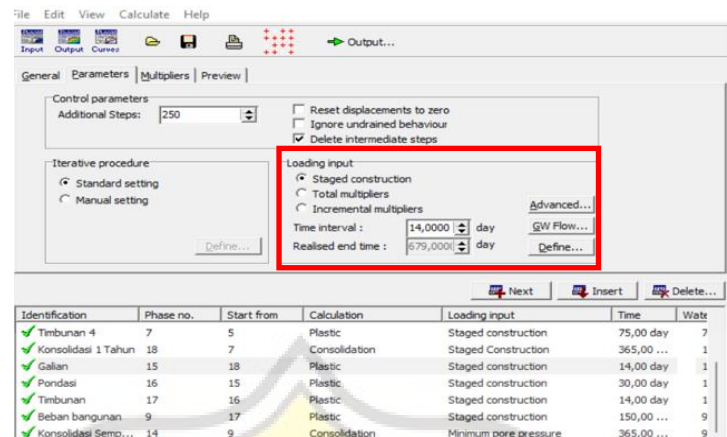


(a) Pengaturan Umum Galian Pondasi



Tugas Akhir

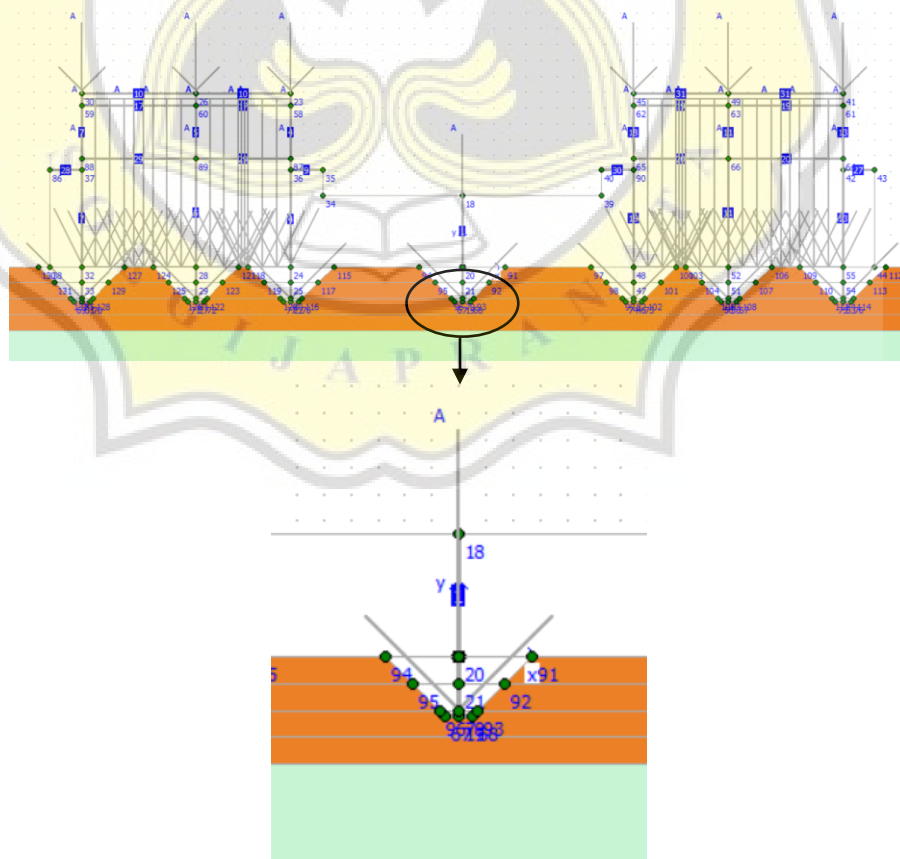
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



(b) Pengaturan Parameter Galian Pondasi

Gambar 4.33 Pengaturan Kalkulasi Tanah Galian

Berdasarkan Gambar 4.33 (a) jenis perhitungan yang digunakan adalah analisa plastis. Pekerjaan ini dilakukan setelah pekerjaan konsolidasi 1 tahun. Gambar 4.34 merupakan gambar pekerjaan timbunan tanah yang digali dengan cara mengklik atau menonaktifkan tanah timbunan di lokasi pondasi.



Gambar 4.34 Galian Tanah Timbunan

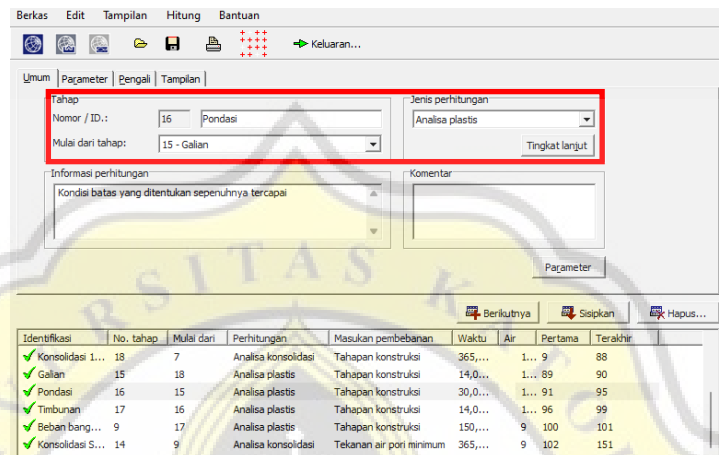


Tugas Akhir

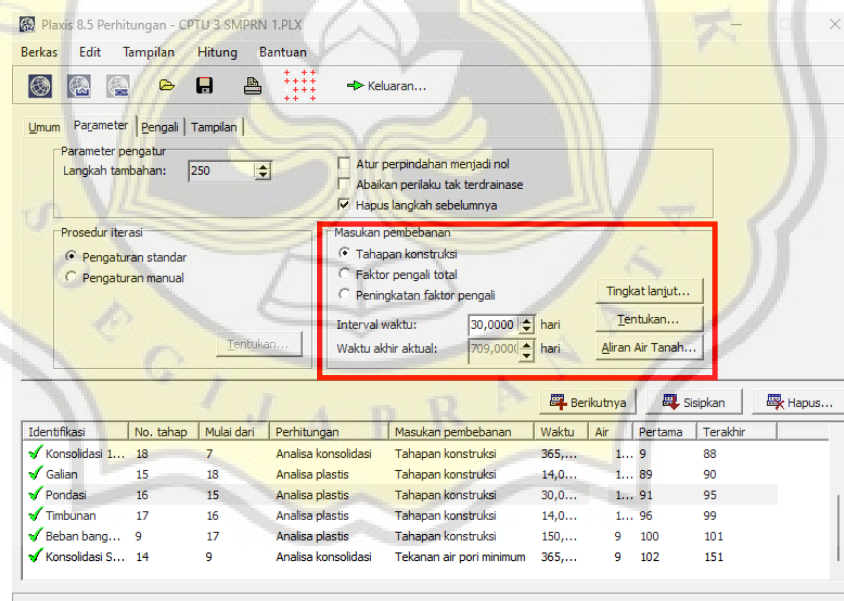
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

d. Pengaturan kalkulasi pekerjaan pondasi

Pengaturan kalkulasi pada pekerjaan pondasi ini dilakukan setelah pekerjaan galian pada tanah timbunan. Pengaturan kalkulasi diperlihatkan pada Gambar 4.35.



(a) Pengaturan Umum Kalkulasi Pekerjaan Pondasi



(b) Pengaturan Parameter Kalkulasi Pekerjaan Pondasi

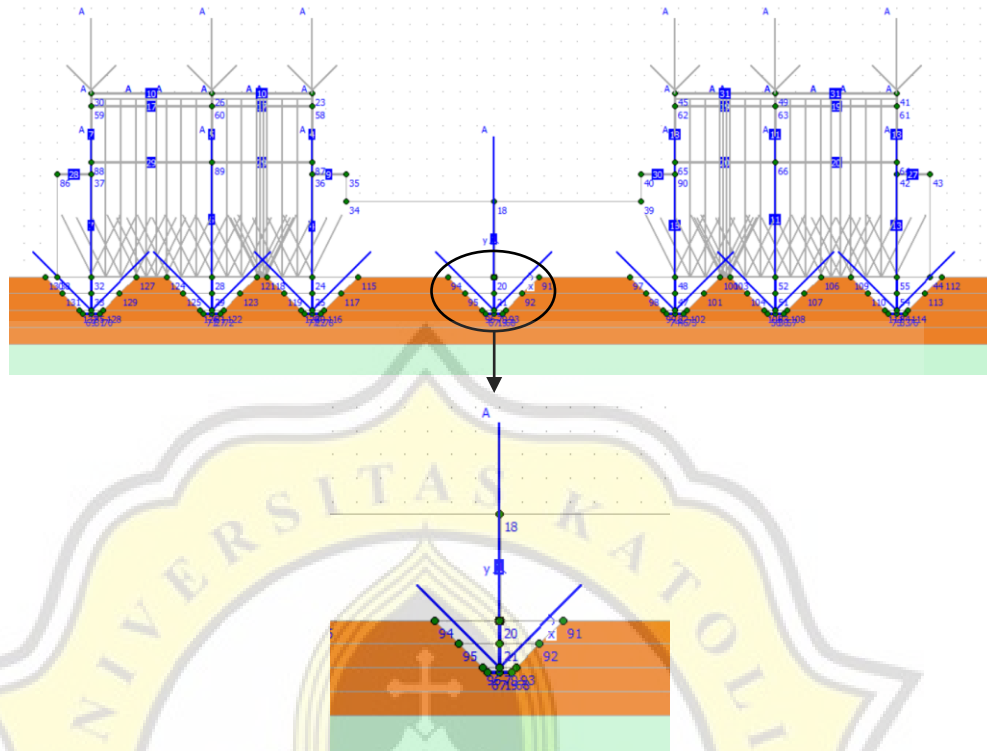
Gambar 4.35 Pengaturan Kalkulasi Pekerjaan Pondasi

Berdasarkan Gambar 4.35 (a) bahwa jenis analisa pada pekerjaan pondasi merupakan analisis plastis. Pada Gambar 4.36 pondasi pada model diaktifkan dengan cara klik pada pelat pondasi. Pekerjaan stek kolom termasuk ke dalam pekerjaan pondasi.



Tugas Akhir

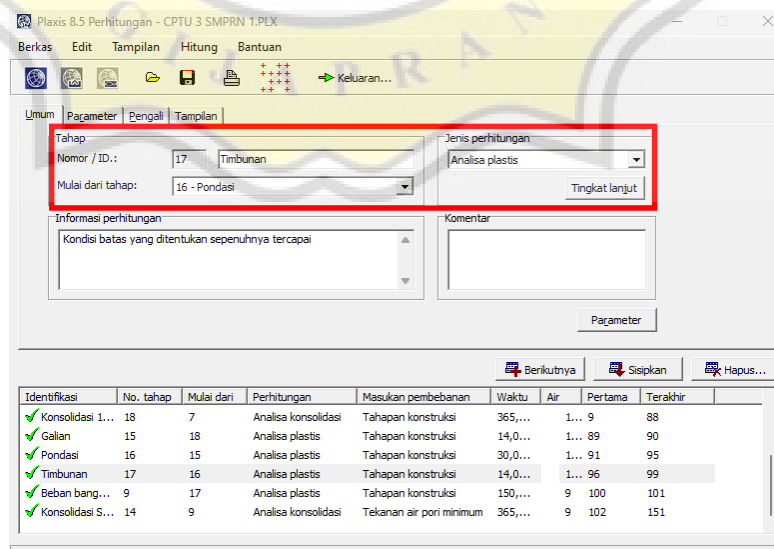
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.36 Pengaktifan Beban Pondasi

e. Pengaturan kalkulasi timbunan kembali

Setelah pekerjaan pondasi dilakukan, pekerjaan selanjutnya adalah pekerjaan timbunan tanah. Pengaturan kalkulasi pekerjaan timbunan tanah kembali diperlihatkan pada Gambar 4.37.

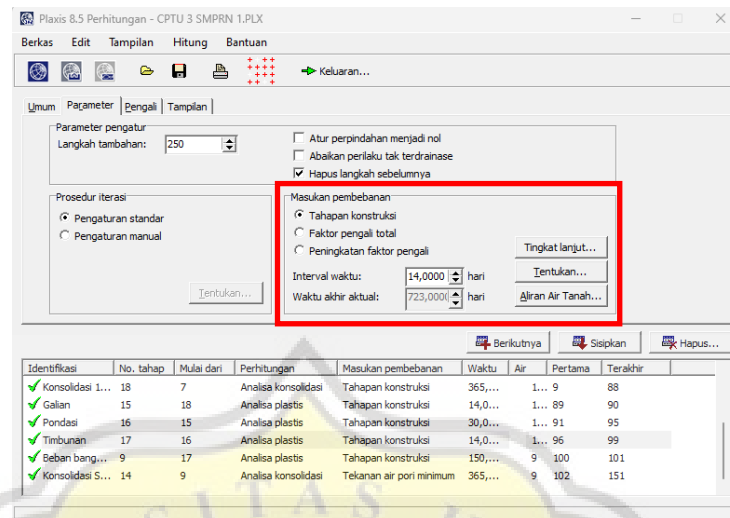


(a) Pengaturan Umum Timbunan Kembali



Tugas Akhir

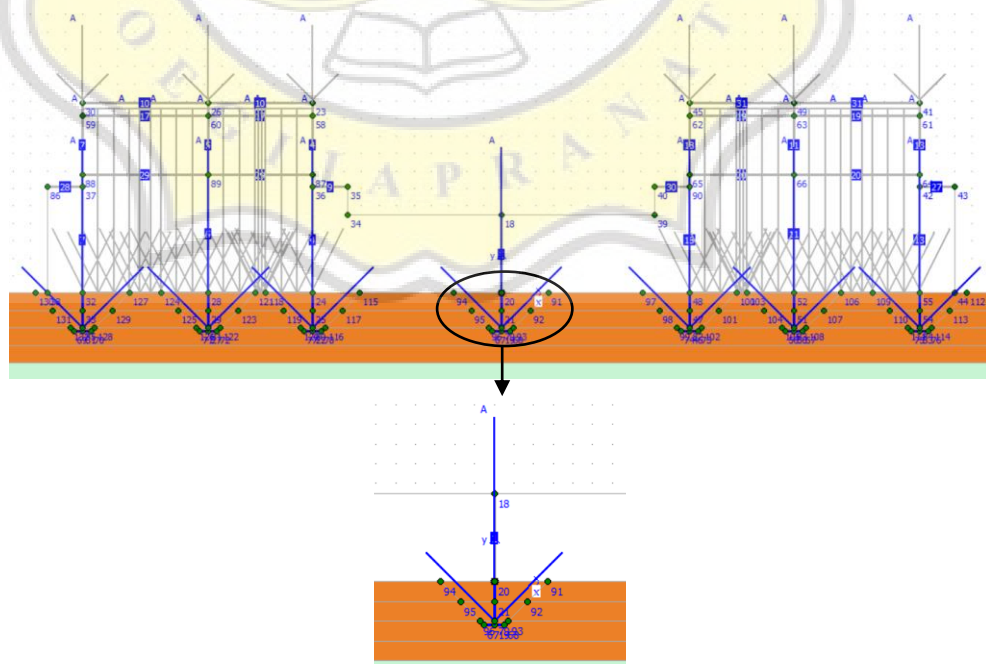
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



(b) Pengaturan Parameter Timbunan Kembali

Gambar 4.37 Pengaturan Kalkulasi Timbunan Kembali

Berdasarkan pada Gambar 4.37 (a) bahwa pekerjaan timbunan kembali merupakan pekerjaan yang dilakukan setelah adanya pekerjaan pondasi. Jenis analisa yang digunakan di pekerjaan ini adalah analisa plastis. Pada Gambar 4.37 bagian (b) bahwa tahapan ini termasuk Tahapan konstruksi. Pada Gambar 4.38 gambar pengaktifan timbunan yang dilakukan dengan cara klik timbunan yang tergalil pada galian pondasi.



Gambar 4.38 Pengaktifan Tanah Urugan Kembali

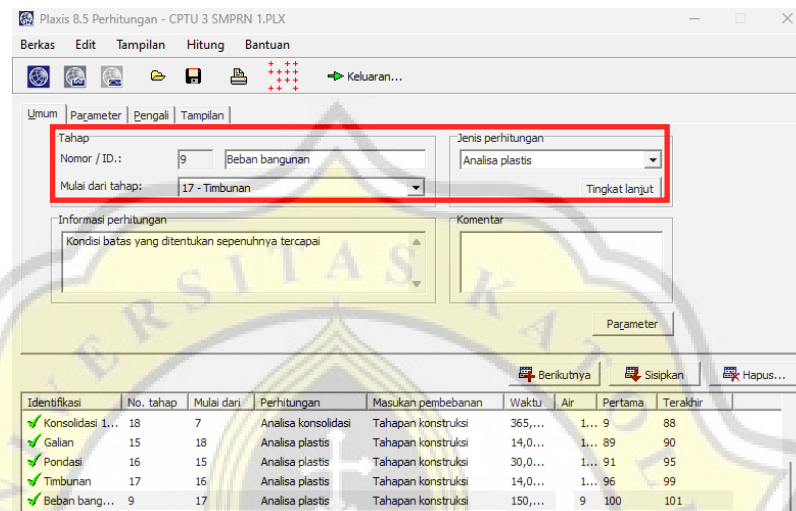


Tugas Akhir

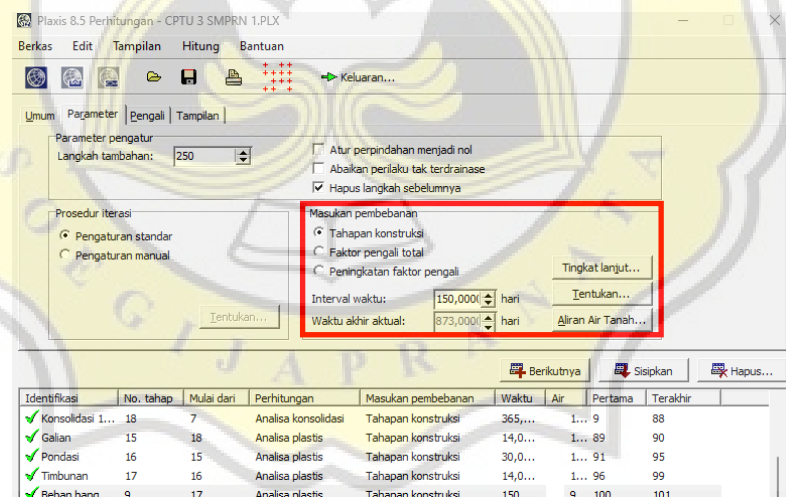
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

f. Pengaturan kalkulasi pekerjaan struktur atas

Pengaturan kalkulasi pekerjaan struktur atas dilakukan setelah pekerjaan timbunan tanah kembali. Pengaturan kalkulasi pekerjaan struktur atas diperlihatkan pada Gambar 4.39.



(a) Pengaturan Umum Pekerjaan Struktur Atas



(b) Pengaturan Parameter Pekerjaan Struktur Atas

Gambar 4.39 Pengaturan Kalkulasi Pekerjaan Struktur Atas

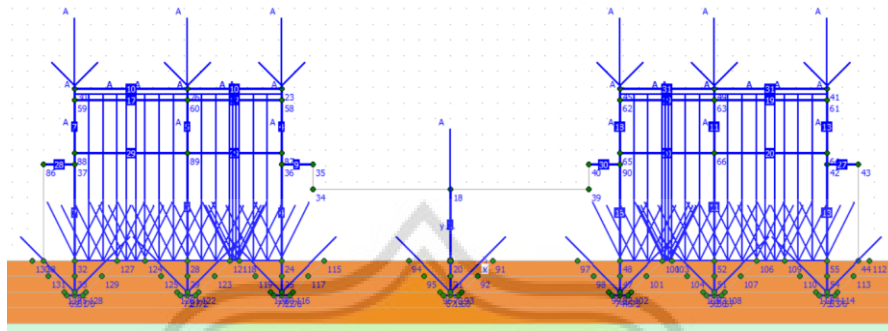
Pengaturan kalkulasi pada pekerjaan struktur atas ini dibagi menjadi 2 yaitu pengaturan umum pada Gambar 4.39 (a) dan pengaturan kalkulasi pada Gambar 4.39 (b). Pada pengaturan umum, pekerjaan struktur atas dimulai setelah pekerjaan timbunan kembali, dan jenis analisa yang digunakan adalah analisa plastis, sedangkan untuk pengaturan parameter difungsikan untuk



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

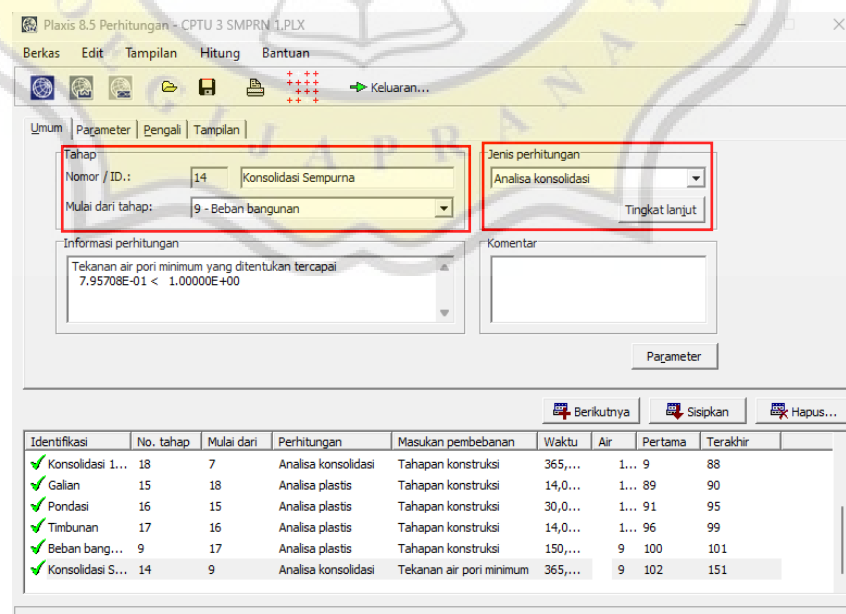
menentukan pengaktifan beban. Pada Gambar 4.40 merupakan gambar pengaktifan beban struktur atas dengan cara klik pada beban struktur atas.



Gambar 4.40 Pengaktifan Beban Struktur Atas

g. Pengaturan Kalkulasi Konsolidasi

Pengaturan kalkulasi konsolidasi ini untuk mengetahui berapa besar penurunan konsolidasi yang akan terjadi pada pemodelan tersebut. Tipe kalkulasi dalam tahap ini dipilih dengan tipe konsolidasi. Pengaturan konsolidasi dibagi menjadi beberapa *file* program PLAXIS. *File* PLAXIS ini dibedakan berdasarkan durasi konsolidasi yang dibutuhkan dengan durasi 5 tahun, 10 tahun, dan 17 tahun setelah tahap konstruksi. Gambar 4.41 merupakan gambar pengaturan kalkulasi analisa konsolidasi.

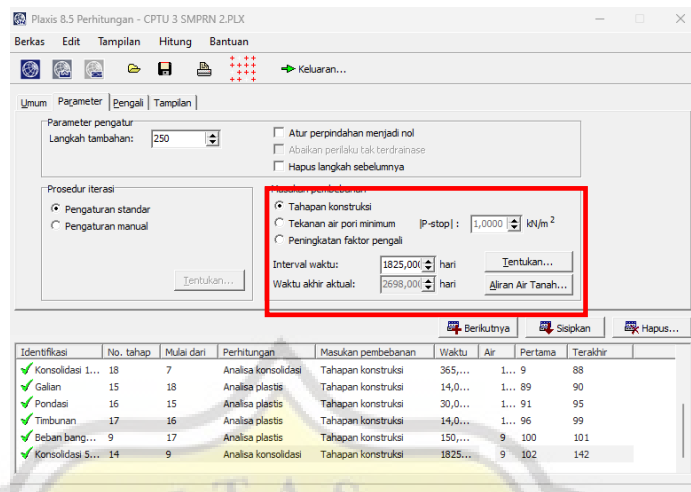


(a) Pengaturan Umum Konsolidasi

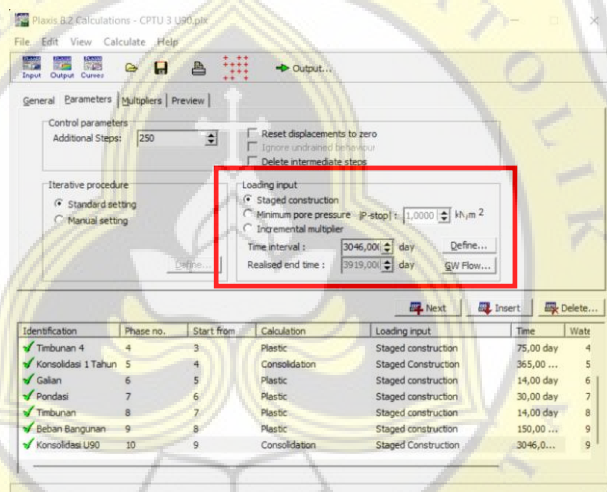


Tugas Akhir

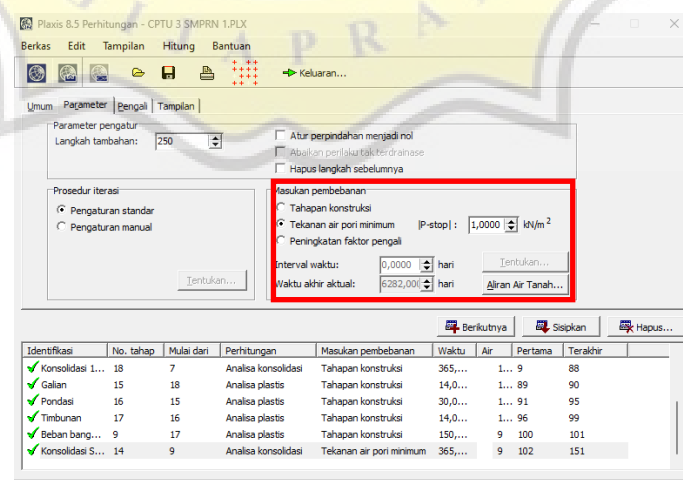
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



(b) Pengaturan Parameter Konsolidasi 5 tahun



(c) Pengaturan Parameter Konsolidasi 10 tahun



(d) Pengaturan Parameter Konsolidasi Sempurna

Gambar 4.41 Pengaturan Kalkulasi Konsolidasi



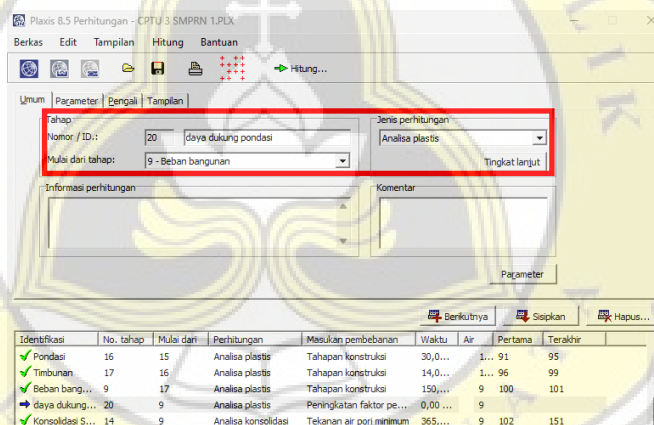
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

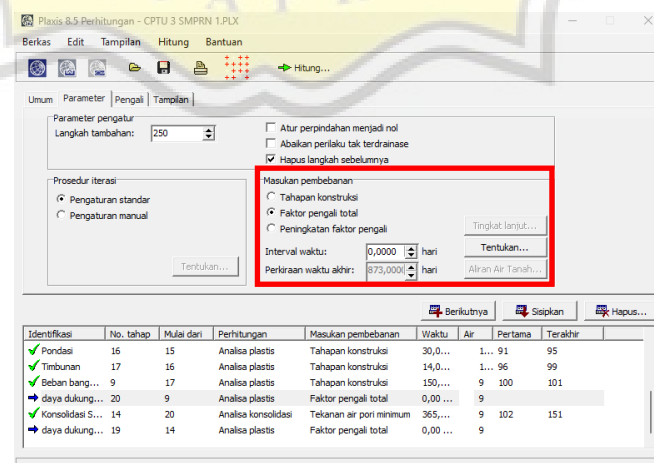
Berdasarkan Gambar 4.41 pada bagian (b) merupakan pengaturan konsolidasi selama 5 tahun, dan pada bagian (c) merupakan konsolidasi selama 10 tahun, sedangkan pada bagian (d) merupakan konsolidasi selama 17 tahun atau konsolidasi sempurna. Penentuan waktu diambil berdasarkan perhitungan nilai tekanan air pori berlebih yang dijabarkan pada subbab 4.2.2 nomor 2.

h. Pengaturan Kalkulasi Daya Dukung Pondasi

Tahap selanjutnya adalah pengaturan kalkulasi daya dukung pondasi. Tahap ini dilakukan di kedua kondisi. Kondisi 1 dilakukan sebelum tahap konsolidasi, sedangkan kondisi 2 dilakukan setelah konsolidasi. Dilakukan 2 kondisi ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung pondasi sebelum dilakukan konsolidasi dan setelah dilakukan konsolidasi. Pada Gambar 4.42 merupakan pengaturan kalkulasi dari daya dukung pondasi.



(a) Pengaturan Umum Daya Dukung Pondasi

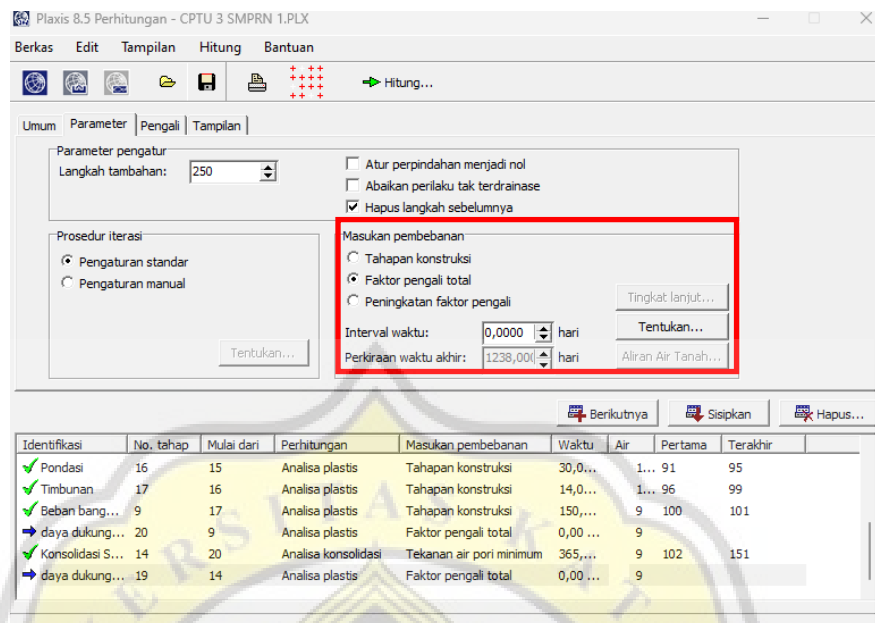


(b) Pengaturan Parameter Daya Dukung Pondasi Sebelum Konsolidasi



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



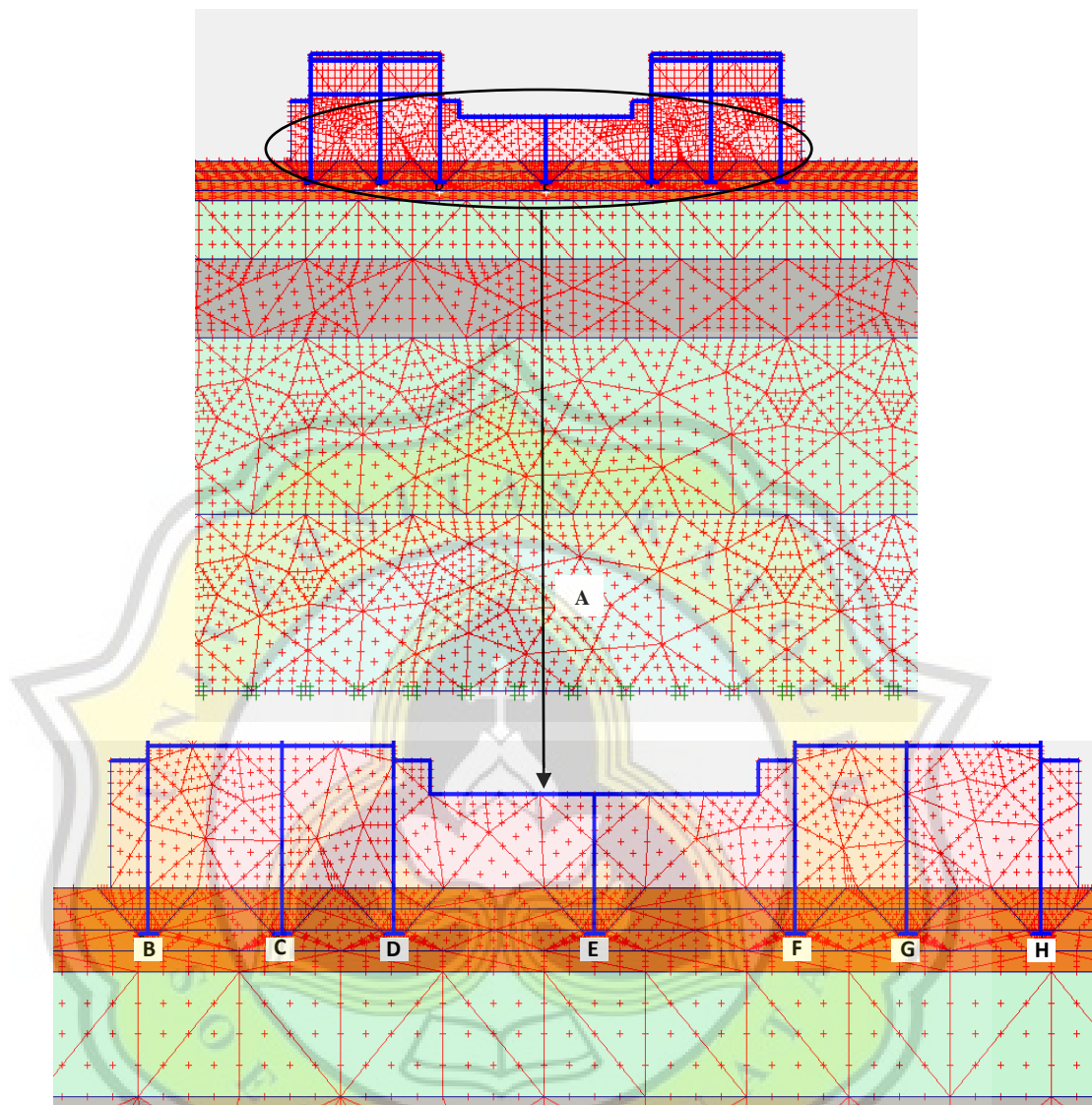
(c) Pengaturan Parameter Daya Dukung Pondasi Setelah Konsolidasi

Gambar 4.42 Pengaturan Kalkulasi Daya Dukung Pondasi

Berdasarkan Gambar 4.42 (a) merupakan pengaturan umum daya dukung pondasi. Pengaturan ini menggunakan jenis perhitungan analisa plasik. Pada Gambar 4.42 (b) merupakan pengaturan daya dukung pondasi sebelum dilakukan konsolidasi dengan tipe masukan beban adalah Peningkatan Faktor Pengali. Pada Gambar 4.42 (c) merupakan pengaturan daya dukung pondasi setelah dilakukan konsolidasi dengan tipe masukan beban adalah Peningkatan Faktor Pengali. Faktor pengali ini akan memperlihatkan besarnya beban maksimum tiap satuan luas dalam 1 beban Pondasi.

10. Mengatur titik tinjau

Titik tinjau berfungsi untuk membantu analisis yang dibutuhkan seperti penurunan, tekanan air pori berlebih, daya dukung. Gambar 4.38 menunjukkan bahwa pemodelan ini menggunakan 8 titik tinjau. Titik tinjau A berada di tanah lunak dengan tekanan air pori berlebih memiliki nilai terbesar, dan titik tinjau B hingga titik H yang dipilih berada di bawah pondasi. Titik tinjau A akan memperlihatkan nilai tekanan air pori berlebih hingga konsolidasi berakhir, sedangkan titik B hingga H akan memperlihatkan nilai penurunan dan daya dukung pada titik pondasi yang ditentukan.



Gambar 4.43 Titik Tinjau

4.2.2 Hasil kalkulasi dan pembahasan

Hasil dari kalkulasi pemodelan PLAXIS dengan muka air tanah asli yaitu untuk mencari waktu konsolidasi pada saat tekanan air pori berlebih mencapai 50%, 90% dan terkonsolidasi sempurna dengan menggunakan grafik antara tekanan air pori berlebih dan waktu. Hasil kalkulasi yang kedua adalah mencari penurunan konsolidasi pada pondasi pada saat U_{50} , U_{90} dan terkonsolidasi sempurna. Hasil kalkulasi yang ketiga adalah mencari daya dukung pondasi sebelum dilakukan konsolidasi dan setelah terkonsolidasi sempurna. Berikut merupakan penjelasan hasil kalkulasi.

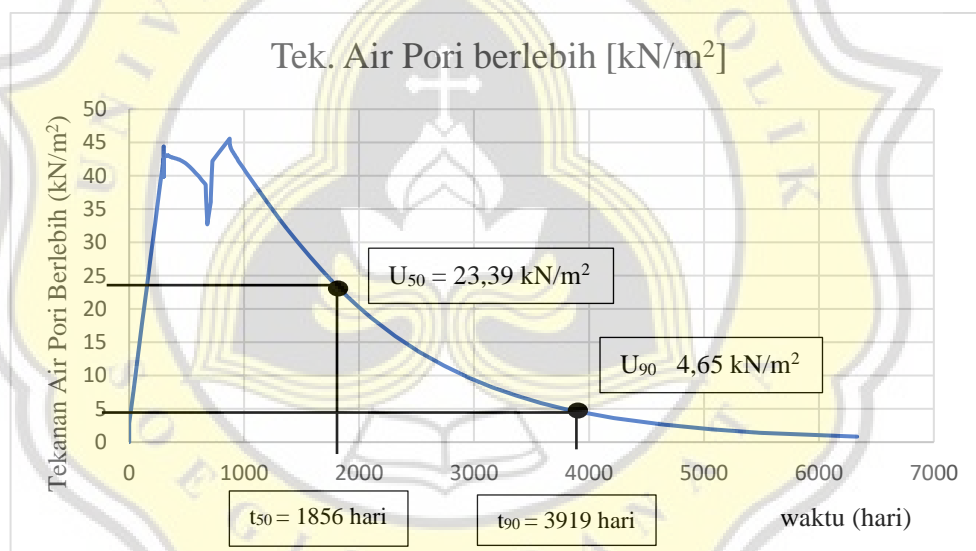


Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

1. Jangka waktu konsolidasi

Jangka waktu konsolidasi ini diambil berdasarkan grafik hubungan antara waktu dan tekanan air pori berlebih. Akibat mengalami konsolidasi, tekanan air pori berlebih akan menurun hingga mendekati 0, sehingga waktu konsolidasi dapat diambil berdasarkan hubungan grafik antara waktu dan tekanan air pori berlebih. Gambar 4.39 merupakan grafik hasil hubungan antara waktu dengan tekanan air pori berlebih. Waktu yang diambil adalah saat kondisi terkonsolidasi 90% (U_{90}) dikarenakan pada kondisi 90% terkonsolidasi tekanan air pori berlebih tidak mengalami penurunan yang signifikan. Selain U_{90} , waktu yang dicari adalah saat terkonsolidasi 50%. Grafik Tekanan air pori berlebih diperlihatkan pada Lampiran C.1.



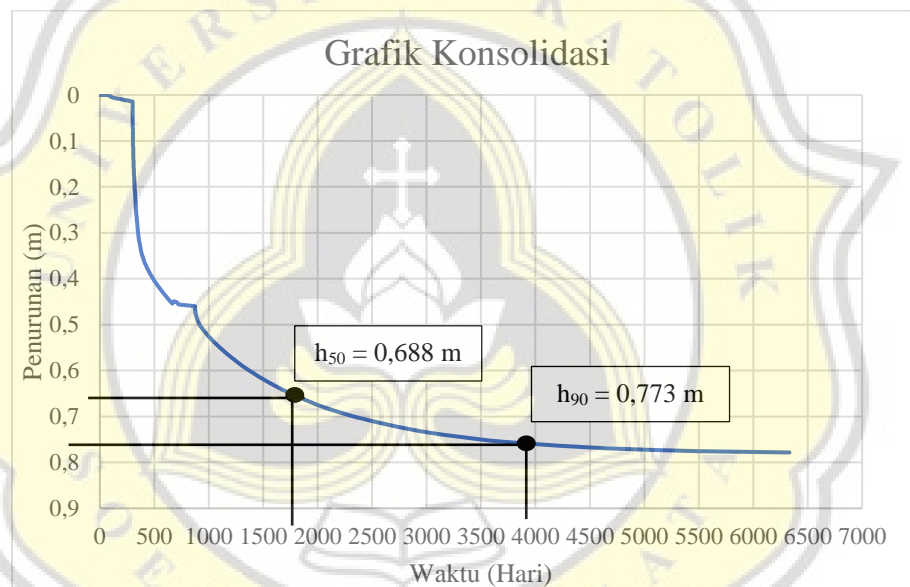
Gambar 4.44 Grafik Tekanan Air Pori Berlebih

Berdasarkan Gambar 4.44 bahwa pada hari 0 – 300 hari mengalami kenaikan tekanan air pori mencapai $44,37 \text{ kN/m}^2$, hal ini diakibatkan karena adanya beban timbunan, pada hari 300 – 665 hari terjadi penurunan akibat konsolidasi yang dilakukan selama 1 tahun, pada hari 665 - 679 penurunan tekanan air pori mencapai $32,69 \text{ kN/m}^2$ diakibatkan karena adanya galian. Tekanan air pori kembali naik akibat beban pondasi, timbunan kembali dan beban struktur atas mencapai $45,58 \text{ kN/m}^2$ pada hari ke 873. Setelah pembangunan maka tekanan air pori berlebih akan menurun akibat dari penurunan konsolidasi. Pada Gambar 4.22 dapat diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan saat terkonsolidasi



50% atau dengan tekanan air pori berlebih sebesar $23,39 \text{ kN/m}^2$ adalah 1856 hari atau 5,084 tahun, sedangkan waktu konsolidasi saat terkonsolidasi 90% adalah 3919 hari atau 10,73 tahun dengan tekanan air pori berlebih sebesar $4,65 \text{ kN/m}^2$.

Waktu dari hasil saat tanah mengalami konsolidasi 50% (U_{50}) dan terkonsolidasi 90% (U_{90}) pada Gambar 4.44 kemudian dihubungkan dengan grafik konsolidasi pada Gambar 4.45. Gambar 4.45 merupakan gambar hubungan antara waktu konsolidasi dengan kedalaman. Grafik Konsolidasi diperlihatkan pada Lampiran C.2.



Gambar 4.45 Grafik Penurunan Konsolidasi

Berdasarkan Gambar 4.45 bahwa pada hari ke 0 – 300 hari merupakan pekerjaan timbunan, sehingga penurunan akibat konsolidasi sangat kecil yaitu 0,12 meter. Pada hari ke ke 300 hingga 665 hari dilakukan konsolidasi selama 1 tahun, sehingga tanah turun menjadi 0,45 meter. Pada hari 665 hingga 873 hari dilakukan pekerjaan galian kembali hingga pekerjaan struktur atas. Pada hari 874 dilakukan konsolidasi kembali hingga penurunannya mencapai 0,77 meter pada konsolidasi sempurna. Pada Grafik 4.40 juga dapat diketahui bahwa penurunan yang dicapai saat tanah terkonsolidasi 50% (U_{50}) atau 1856 hari adalah 0,68 meter, sedangkan penurunan yang dicapai tanah saat terkonsolidasi 90% (U_{90}) atau 3919 hari adalah 0,773 meter.

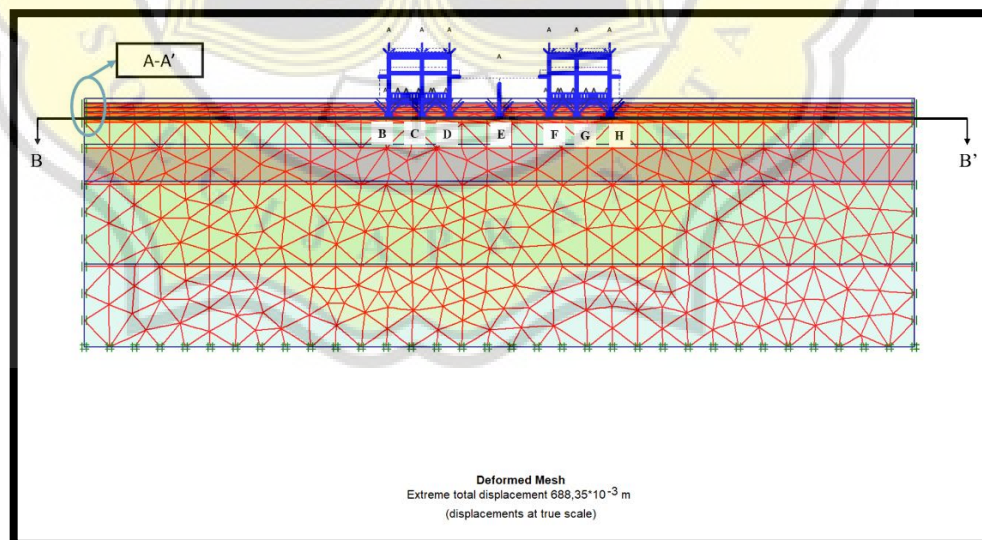


2. Penurunan konsolidasi

Penurunan konsolidasi pondasi pada muka air tanah asli ini dipisahkan menjadi beberapa bagian untuk mengetahui besar penurunan yang terjadi. Waktu penurunan yang diambil adalah penurunan setelah 5 tahun (pada saat U_{50}), penurunan setelah 10,7 tahun (pada saat U_{90}) dan penurunan setelah 17 tahun (pada saat U_{100}). Pemilihan waktu 5 tahun bertujuan untuk menganalisis besar penurunan pondasi saat terkonsolidasi 50%, sedangkan dipilih waktu 10 bertujuan untuk menganalisis penurunan pondasi setelah terkonsolidasi 90%, sedangkan 17 tahun dipilih untuk melakukan analisis penurunan pondasi setelah tekanan air pori berlebih mendekati 1 kN/m^2 . Pemilihan waktu ini berdasarkan hasil analisis waktu pada Gambar 4.44.

a. Analisis penurunan konsolidasi pada saat terkonsolidasi 50%

Berdasarkan hasil Gambar 4.44 dan Gambar 4.45 bahwa penurunan konsolidasi saat terkonsolidasi 50% atau saat tekanan air pori berlebih mencapai 50% dengan waktu 1856 hari adalah 68,83 cm. Hasil Gambar 4.46 merupakan bentuk perilaku kondisi tanah akibat konsolidasi setelah 1856 hari.



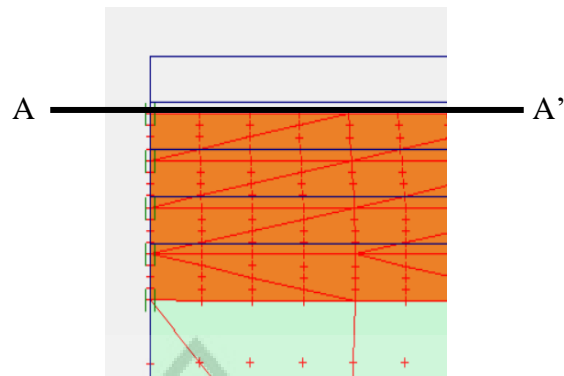
Gambar 4.46 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 1856 Hari

Pada Gambar 4.46 terdapat 2 potongan yaitu potongan A – A' pada tanda lingkaran dan potongan B – B'. Potongan A – A' diperjelas pada Gambar 4.47.



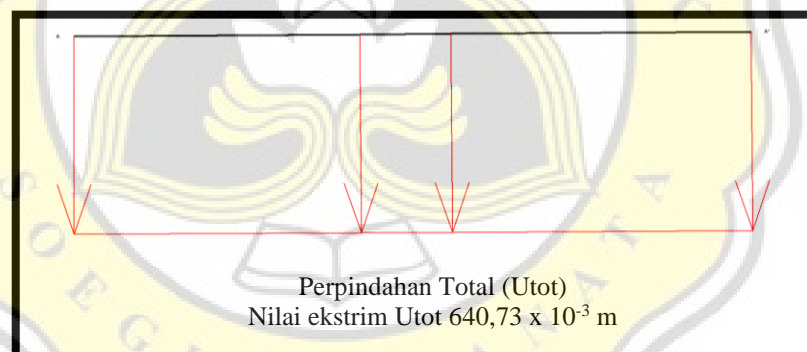
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.47 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 1856 Hari Pada Potongan A – A'

Pada potongan A – A' berfungsi untuk mengetahui penurunan tanah saat terkonsolidasi tanpa adanya beban. Posisi potongan ini diambil di ujung pemodelan, hal ini dikarenakan dapat membedakan penurunan konsolidasi tanpa beban dan dengan adanya beban. Pada Gambar 4.48 merupakan hasil dari penurunan tanah pada potongan A – A'.



Gambar 4.48 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Pada Potongan A – A'

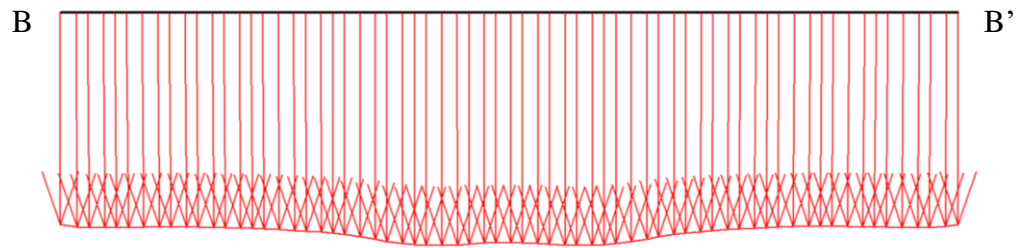
Berdasarkan pada Gambar 4.48 dapat diketahui bahwa penurunan tanah tanpa ada beban saat terkonsolidasi 50% atau dalam waktu 1856 hari adalah 64,07 cm. Penurunan ini akan terus berlanjut hingga konsolidasi selesai.

Berdasarkan Gambar 4.46 bahwa penurunan tanah terbesar terjadi bangunan rumah dengan besar penurunan sebesar 67,17 cm. pada Gambar 4.41 juga terdapat potongan B – B' yang akan menjelaskan penurunan dipotongan tersebut. Gambar 4.46 juga terdapat titik tinjau pondasi yang akan menjelaskan mengenai penurunan di tiap pondasi. Hasil potongan B – B' diperlihatkan pada Gambar 4.49.



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.49 Potongan Gambar B – B' Terkonsolidasi 50%

Pada Gambar 4.49 menunjukkan bentuk penurunan tanah dan perilaku tanah pada potongan B – B' saat terkonsolidasi pada waktu ke 1856 hari. Penurunan terbesar berada di tengah potongan ini dikarenakan di tengah potongan terdapat bangunan rumah 1 lantai yang membebani tanah tersebut. Penurunan tanah ini juga akan mengakibatkan pondasi bangunan tersebut mengalami penurunan akibat beban bangunan. Besar penurunan pondasi B – pondasi H diperlihatkan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 50% (M.A.T 2 m)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi B	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $678,99 \times 10^{-3}$ m</p>	67,89 cm	4,61 cm
Pondasi C	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $687,09 \times 10^{-3}$ m</p>	68,70 cm	4,62 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.10 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 50% (Lanjutan)

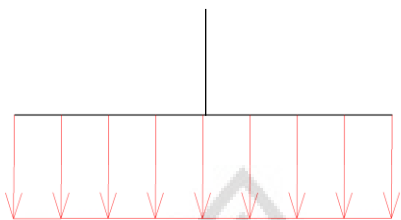
Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi D	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $686,85 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	68,68 cm	4,61 cm
Pondasi E	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $678,52 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	67,85 cm	4,78 cm
Pondasi F	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $686,97 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	68,69 cm	4,62 cm
Pondasi G	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $687,23 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	68,72 cm	4,65 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

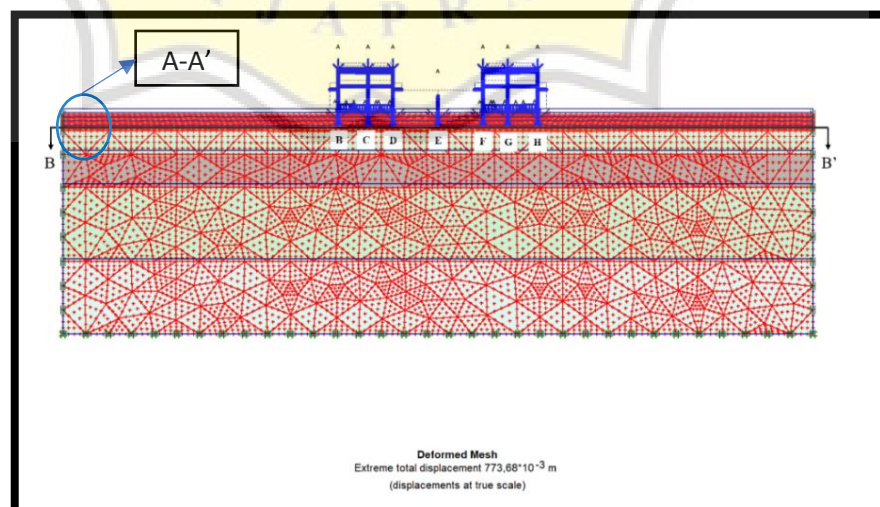
Tabel 4.10 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 50% (Lanjutan)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi H	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $679,15 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	67,91 cm	4,84 cm

Berdasarkan hasil penurunan pondasi pada Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa penurunan terbesar akibat beban timbunan dan pondasi serta penurunan akibat beban pondasi berturut turut dalam waktu 1856 hari adalah 68,72 cm dan 4,65 cm pada pondasi G.

b. Analisis penurunan konsolidasi pada saat terkonsolidasi 90%

Penurunan tanah saat terkonsolidasi 90% terjadi saat tekanan air pori tersisa 10%. Berdasarkan pada Gambar 4.44 dan Gambar 4.45 penurunan tanah saat tekanan air pori berlebih tersisa 10% terjadi pada waktu 3919 hari. Bentuk perilaku kondisi tanah akibat konsolidasi setelah 3919 hari diperlihatkan pada Gambar 4.50.



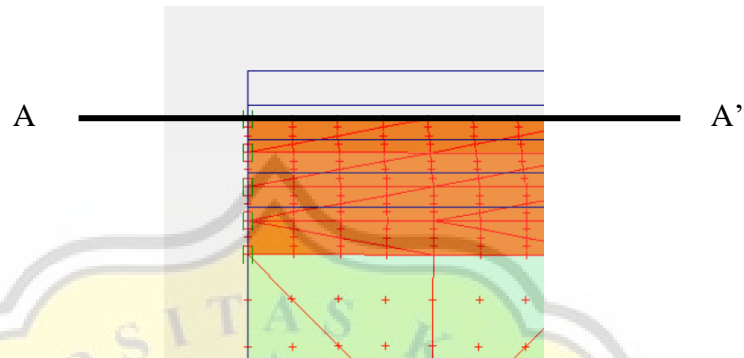
Gambar 4.50 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 3919 Hari



Tugas Akhir

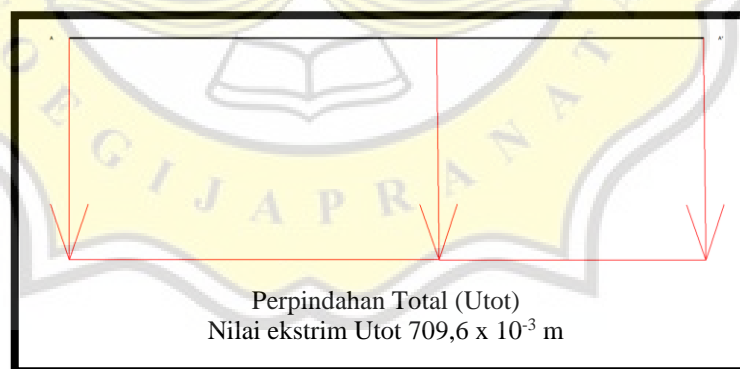
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Pada Gambar 4.50 terdapat 2 potongan yaitu potongan A – A' pada tanda lingkaran dan potongan B – B'. Potongan A – A' diperjelas pada Gambar 4.51.



Gambar 4.51 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 1856 Hari Pada Potongan A – A'

Pada potongan A – A' berfungsi untuk mengetahui penurunan tanah saat terkonsolidasi tanpa adanya beban. Posisi potongan ini diambil di ujung pemodelan, hal ini dikarenakan dapat membedakan penurunan konsolidasi tanpa beban dan dengan adanya beban. Pada Gambar 4.52 merupakan hasil dari penurunan tanah pada potongan A – A'.



Gambar 4.52 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Pada Potongan A – A'

Berdasarkan pada Gambar 4.47 dapat diketahui bahwa penurunan tanah tanpa ada beban saat terkonsolidasi 50% atau dalam waktu 1856 hari adalah 70,96 cm. Penurunan ini akan terus berlanjut hingga konsolidasi selesai.

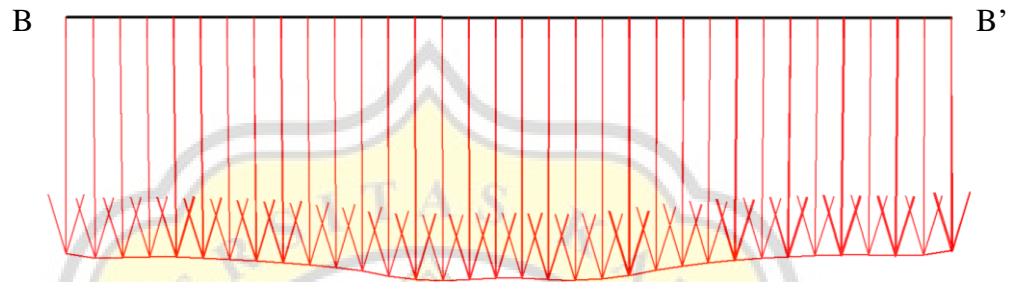
Gambar 4.50 dapat diketahui besarnya nilai penurunan tanah terletak pada bangunan rumah dengan besar penurunan sebesar 77,36 cm. Gambar 4.45



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

terdapat potongan B – B' yang akan menjelaskan kondisi penurunan dan perilaku tanah dipotongan tersebut. Potongan B – B' akan tergambar pada Gambar 4.51 Selain potongan B – B', Gambar 4.50 terdapat titik tinjau pondasi B hingga pondasi H yang akan menjelaskan mengenai penurunan ditiap pondasi.



Gambar 4.53 Potongan Gambar B – B' Terkonsolidasi 90%

Pada Gambar 4.53 menunjukkan bentuk penurunan tanah dan perilaku tanah akibat beban bangunan dan beban timbunan saat terkonsolidasi pada waktu ke 3919 hari. Penurunan terbesar terjadi di tengah potongan hal ini dikarenakan di tengah potongan terdapat bangunan rumah 1 lantai yang membebani tanah tersebut. Penurunan tanah ini juga akan mengakibatkan pondasi bangunan tersebut mengalami penurunan akibat beban bangunan. Besar penurunan pondasi B – pondasi H diperlihatkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 90% (M.A.T 2 m)

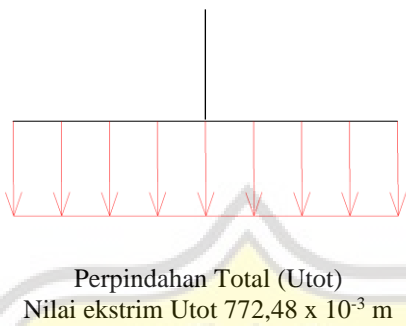
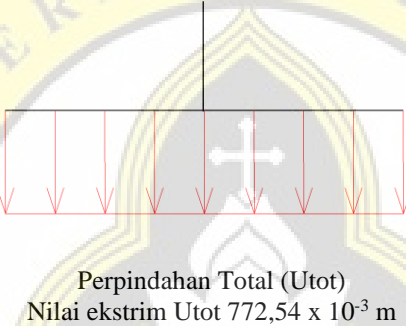
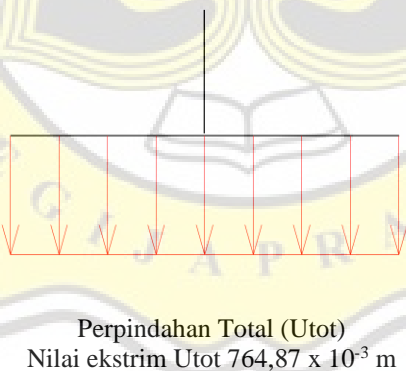
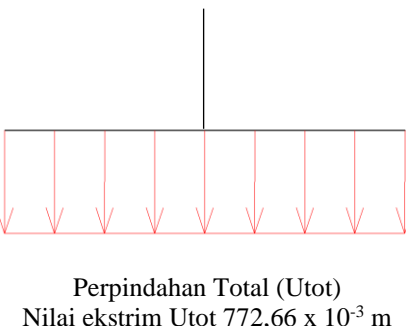
Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi B	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $762,47 \times 10^{-3}$ m</p>	76,27 cm	5,31 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.11 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 90% (Lanjutan)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi C	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $772,48 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	77,24 cm	6,28 cm
Pondasi D	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $772,54 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	77,25 cm	6,29 cm
Pondasi E	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $764,87 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	76,48 cm	5,52 cm
Pondasi F	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $772,66 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	77,26 cm	6,3 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.11 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 90% (Lanjutan)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi G	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $772,12 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	77,21 cm	6,25 cm
Pondasi H	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $762,62 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	76,26 cm	5,3 cm

Berdasarkan hasil penurunan pondasi pada Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa penurunan terbesar akibat beban timbunan dan pondasi serta penurunan akibat beban pondasi berturut turut dalam waktu 3919 hari adalah 77,26 cm dan 6,3 cm pada pondasi F. Pada waktu ke 3919 penurunan antar pondasi ini tidak berbeda jauh dikarenakan penurunan ini cukup merata pada bagian bangunan rumah.

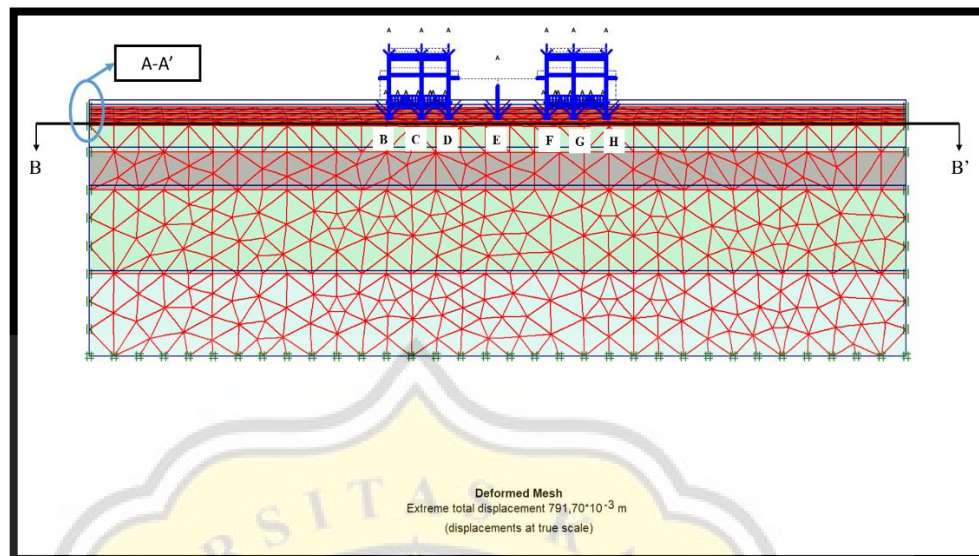
c. Analisis penurunan konsolidasi pada saat terkonsolidasi sempurna

Penurunan tanah saat terkonsolidasi sempurna terjadi saat tekanan air pori mencapai 1 kN/m^2 . Berdasarkan pada Gambar 4.44 dan Gambar 4.45 penurunan tanah saat tekanan air pori berlebih mencapai 1 kN/m^2 terjadi pada waktu 6333 hari atau 17,2 tahun. Penurunan terkonsolidasi sempurna ini merupakan tahap akhir dari penurunan konsolidasi. Gambar 4.54 merupakan gambar jaringan elemen akibat konsolidasi.



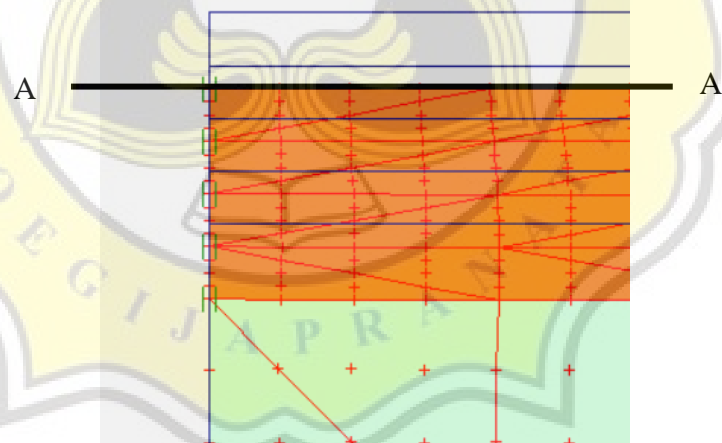
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.54 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 6333 Hari

Pada Gambar 4.54 terdapat 2 potongan yaitu potongan A – A' pada tanda lingkaran dan potongan B – B'. Potongan A – A' diperjelas pada Gambar 4.55.



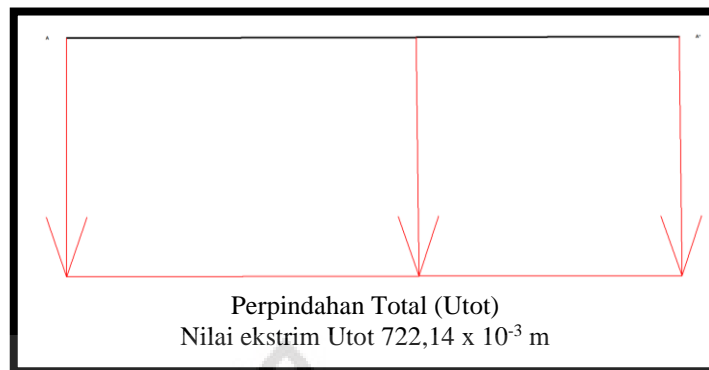
Gambar 4.55 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 6333 Hari Pada Potongan A – A'

Pada potongan A – A' berfungsi untuk mengetahui penurunan tanah saat terkonsolidasi tanpa adanya beban. Posisi potongan ini diambil di ujung pemodelan, hal ini dikarenakan dapat membedakan penurunan konsolidasi tanpa beban dan dengan adanya beban. Pada Gambar 4.42 merupakan hasil dari penurunan tanah pada potongan A – A'.



Tugas Akhir

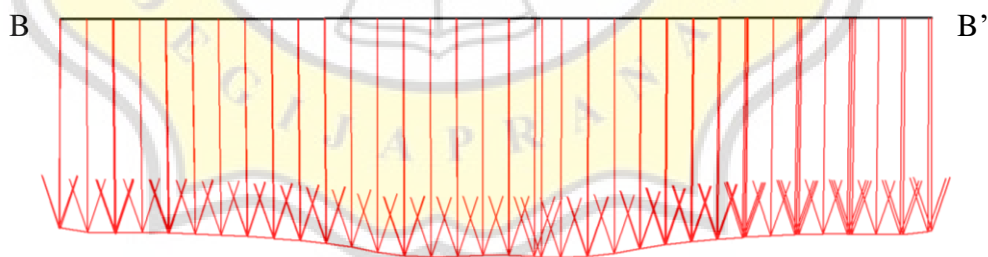
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.56 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah

Berdasarkan pada Gambar 4.56 dapat diketahui bahwa penurunan tanah tanpa ada beban saat terkonsolidasi 50% atau dalam waktu 6333 hari adalah 72,21 cm.

Gambar 4.54 dapat diketahui besarnya nilai penurunan tanah terletak pada bangunan rumah dengan besar penurunan sebesar 79,17 cm. Gambar 4.54 terdapat potongan B – B' yang akan menjelaskan kondisi penurunan dan perilaku tanah dipotong tersebut. Hasil potongan B – B' akan tergambar pada Gambar 4.57 Selain potongan B – B', Gambar 4.54 terdapat titik tinjau pondasi B hingga pondasi H yang akan menjelaskan mengenai penurunan ditiap pondasi.



Gambar 4.57 Potongan B – B' Terkonsolidasi Sempurna

Gambar potongan B – B' pada Gambar 4.57 menunjukkan bentuk penurunan dan perilaku tanah akibat beban bangunan dan beban timbunan saat terkonsolidasi pada waktu ke 6333 hari. Penurunan terbesar terjadi di tengah potongan hal ini dikarenakan di tengah potongan terdapat bangunan rumah 1 lantai yang membebani tanah tersebut. Penurunan tanah ini juga akan mengakibatkan pondasi bangunan tersebut mengalami penurunan akibat

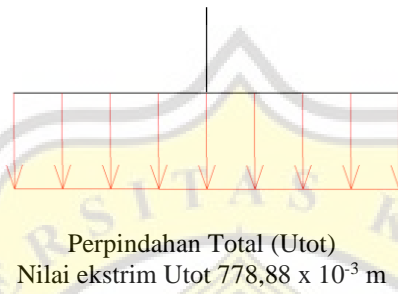
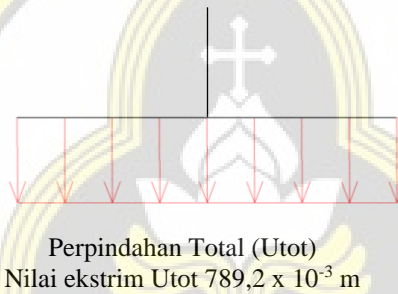
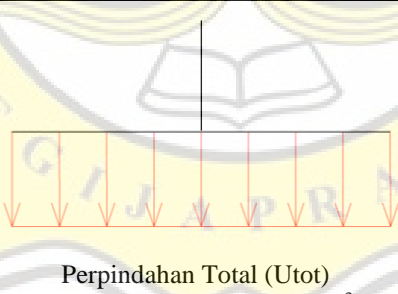
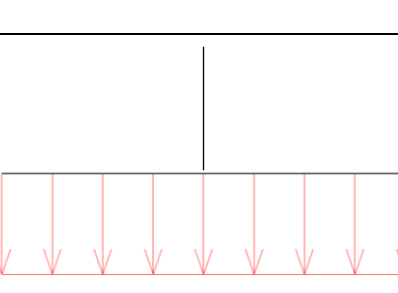


Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

beban bangunan. Besar penurunan pondasi B – pondasi H diperlihatkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 100% (M.A.T 2m)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi B	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $778,88 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	77,98 cm	5,77 cm
Pondasi C	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $789,2 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	78,92 cm	6,71 cm
Pondasi D	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $789,44 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	78,94 cm	6,73 cm
Pondasi E	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $781,9 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	78,19 cm	5,98 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.12 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 100% (Lanjutan)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi F	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $789,57 \times 10^{-3}$ m</p>	78,95 cm	6,74 cm
Pondasi G	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $788,87 \times 10^{-3}$ m</p>	78,88 cm	6,67 cm
Pondasi H	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $779,04 \times 10^{-3}$ m</p>	77,9 cm	5,69 cm

Berdasarkan hasil penurunan pondasi pada Tabel 4.12 dapat diketahui bahwa penurunan terbesar akibat beban timbunan dan pondasi serta penurunan akibat beban pondasi dalam waktu 6333 hari berturut turut adalah 78,95 cm dan 6,74 cm pada pondasi F. Penurunan antar pondasi ini tidak terlalu signifikan dan menurun secara bersamaan.



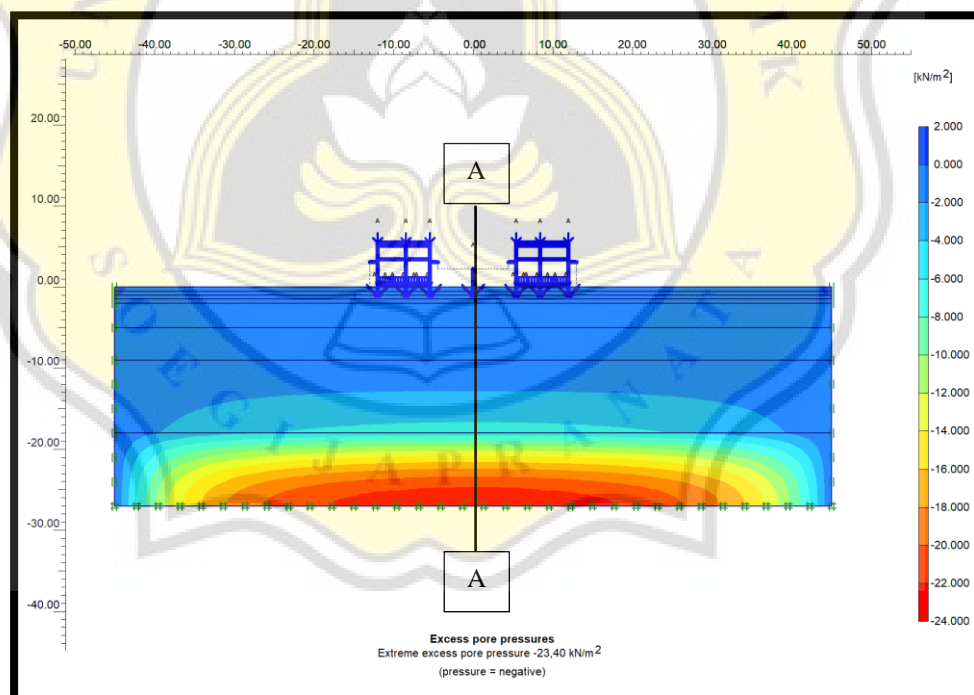
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Pada pemodelan ini, nilai tekanan air pori berlebih diambil berdasarkan potongan A – A' pada hasil keluaran PLAXIS. Berdasarkan pada grafik tekanan air pori berlebih yang terdapat pada Gambar 4.39 dapat diketahui bahwa nilai tekanan air pori berlebih akan meningkat apabila ada tambahan beban seperti beban timbunan maupun beban bangunan, sedangkan nilai tekanan air pori berlebih akan menurun hingga mendekati 0 apabila dilakukan proses konsolidasi. Hasil tekanan air pori berlebih ini yang akan dibahas dalam tugas akhir ini saat mengalami proses konsolidasi dengan pemilihan waktu sebagai berikut:

a. Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 50%

Berdasarkan pada Gambar 4.44 bahwa nilai tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 50% (U_{50}) adalah $23,39 \text{ kN/m}^2$. Gambar 4.58 merupakan bentuk pemodelan tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 50%.

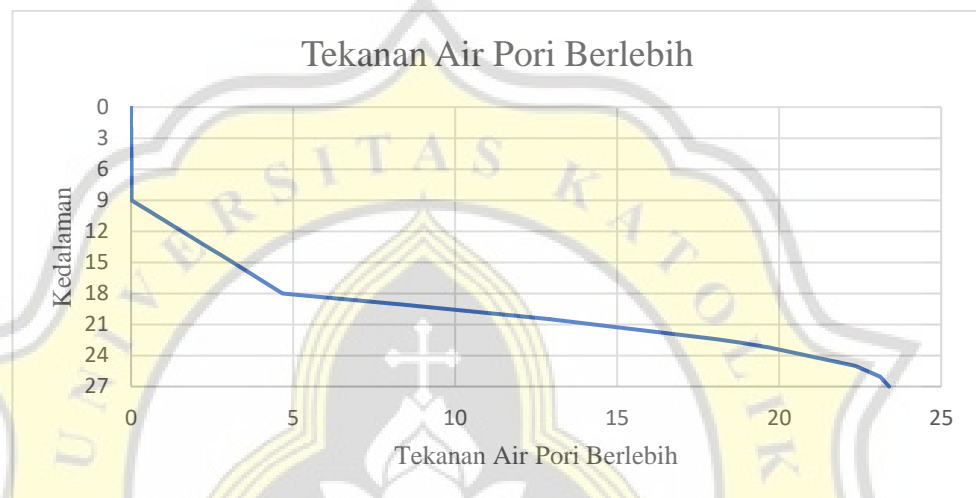


Gambar 4.58 Tekanan Air Pori Berlebih Saat Terkonsolidasi 50%

Berdasarkan Gambar 4.58, tekanan air pori berlebih pada saat mengalami konsolidasi sebesar 50% memiliki nilai tekanan air pori berlebih sebesar $23,39 \text{ kN/m}^2$ dengan tekanan air pori berlebih terbesar berada pada lapisan tanah lempung lunak dengan kedalaman 20 meter – 27 meter. Hal ini



dikarenakan lapisan tanah lempung lunak pada kedalaman tersebut merupakan lapisan tanah yang memiliki selisih jarak terbesar terhadap tanah berbutir kasar, sehingga air yang berada pada kedalaman tersebut akan memerlukan waktu lebih lama untuk melakukan proses konsolidasi. Pada Gambar 4.39 terdapat potongan melintang A – A' pada Gambar 4.59 untuk mengetahui besarnya tekanan air pori berlebih ditiap kedalaman.



Gambar 4.59 Tekanan Air Pori Berlebih Pada Potongan A – A' Saat Terkonsolidasi 50%

Berdasarkan Gambar 4.59 dapat diketahui bahwa tekanan air pori berlebih terbesar pada kedalaman 27 meter dengan nilai tekanan air pori berlebih sebesar 23,39 kN/m². Lapisan tanah lunak yang mendekati lapisan pasir akan terkonsolidasi terlebih dahulu, sehingga nilai tekanan air pori berlebih mendekati nilai 0.

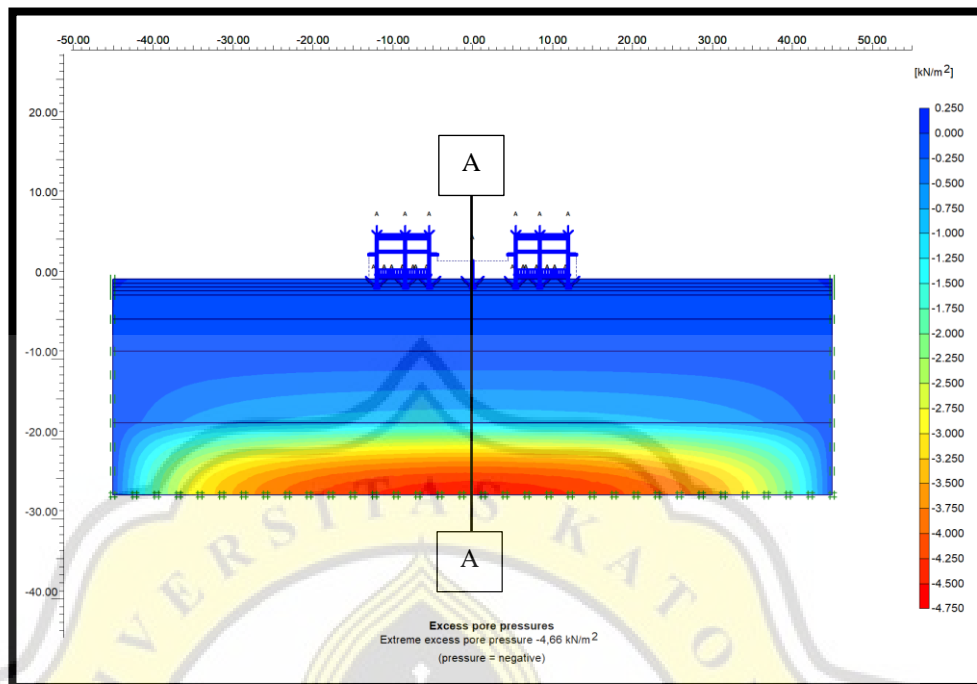
b. Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 90%

Pada saat terkonsolidasi 90%, maka tekanan air pori berlebih maksimum di dalam lapisan tanah tersisa 10% dengan nilai sebesar 4,65 kN/m². Hal ini diperlihatkan pada Gambar 4.39 mengenai grafik tekanan air pori berlebih. Tekanan air pori berlebih ini sudah mengalami penurunan, hal ini diakibatkan karena adanya proses konsolidasi yang sedang berlangsung. Gambar 4.60 merupakan bentuk pemodelan tekanan air pori berlebih saat mengalami konsolidasi 90%.



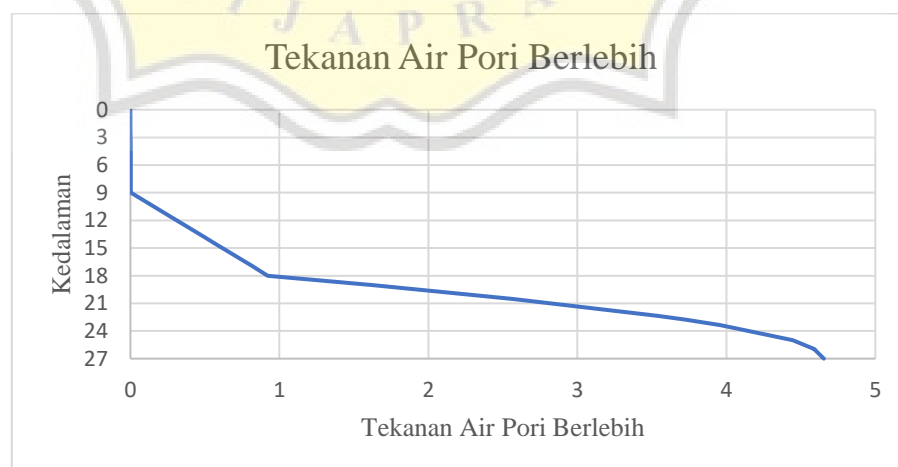
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.60 Tekanan Air Pori Berlebih Saat Terkonsolidasi 90%

Berdasarkan Gambar 4.60 bahwa tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 90% sebesar $4,65 \text{ kN/m}^2$. Nilai tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 90% ini mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan Gambar 4.58 dengan nilai $23,39 \text{ kN/m}^2$. Hal ini disebabkan karena mengalami proses konsolidasi, sehingga air yang berada di dalam tanah lunak akan keluar melalui tanah pasir dan menyebabkan tekanan air pori berlebih semakin kecil. Tekanan air pori berlebih tiap kedalaman diperlihatkan pada Gambar 4.61.



Gambar 4.61 Tekanan Air Pori Berlebih Pada Potongan A – A' Saat Terkonsolidasi 90%



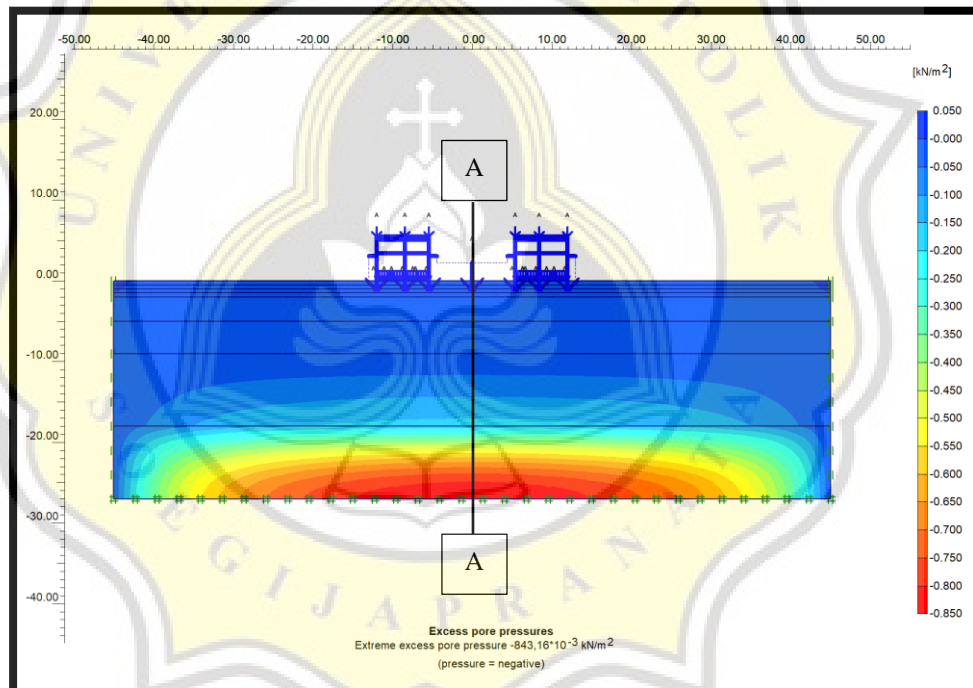
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Berdasarkan Gambar 4.61 dapat diketahui bahwa tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 90% terbesar pada kedalaman 27 meter dengan nilai tekanan air pori berlebih sebesar $4,65 \text{ kN/m}^2$.

c. Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 100%

Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi sempurna (U_{100}) memiliki tekanan air pori berlebih yang mendekati 0. Dalam penelitian ini, tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi sempurna sebesar $0,84 \text{ kN/m}^2$. Hal ini diakibatkan karena proses konsolidasi yang dilakukan telah selesai. Air dalam tanah hampir sepenuhnya telah mengalami konsolidasi. Gambar 4.62 merupakan gambar tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi sempurna.



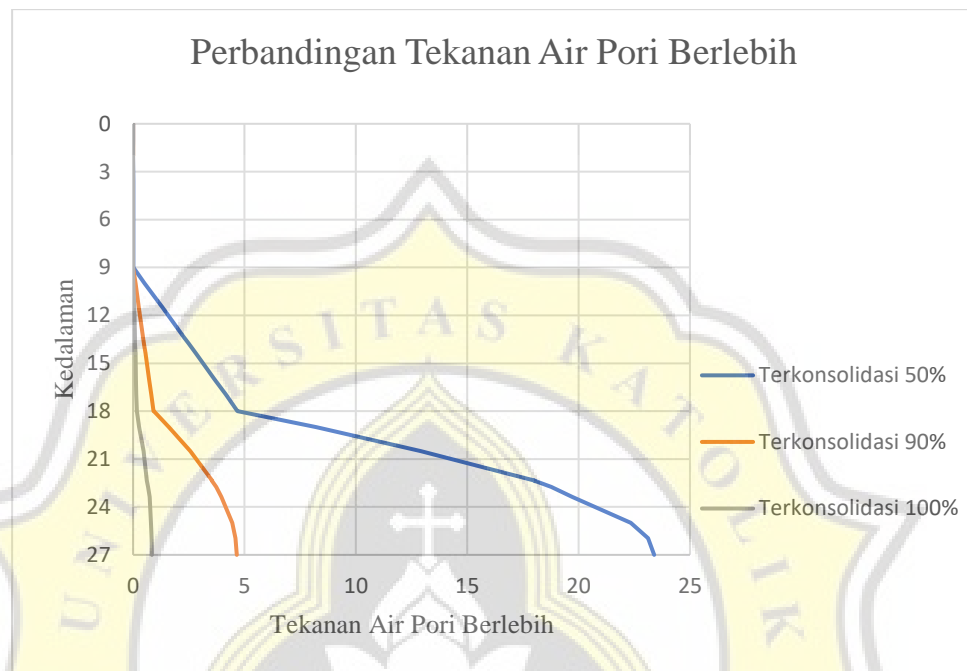
Gambar 4.62 Tekanan Air Pori Berlebih Saat Terkonsolidasi 100%

Pada Gambar 4.62 dapat diketahui bahwa tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi sempurna memiliki nilai $0,84 \text{ kN/m}^2$. Tekanan air pori berlebih ini mengalami penurunan kembali akibat dilakukan proses konsolidasi hingga waktu 6333 hari.

Penurunan konsolidasi sempurna ini jarang sekali diperhitungkan karena memakan waktu yang cukup lama dengan penurunan yang kurang signifikan apabila dibandingkan dengan konsolidasi 90%.



Perbandingan grafik tekanan air pori berlebih pada saat terkonsolidasi 50%, terkonsolidasi 90% dan terkonsolidasi 100% diperlihatkan pada Gambar 4.63.



Gambar 4.63 Perbandingan Grafik Tekanan Air Pori Berlebih

Berdasarkan Gambar 4.63 dapat diketahui bahwa nilai tekanan air pori berlebih akan selalu mengalami penurunan saat mengalami proses konsolidasi. Saat terkonsolidasi 50% tekanan air pori memiliki nilai 23,39 kN/m², dan saat tanah terkonsolidasi 90% maka tekanan air pori tersebut tersisa 4,65 kN/m², sedangkan saat terkonsolidasi sempurna maka tekanan air pori tersebut tersisa 0,84 kN/m².

3. Daya dukung tanah

Daya dukung tanah pada pemodelan ini dibagi menjadi 2 tahap. Tahap 1 daya dukung tanah setelah konstruksi, dan tahap 2 daya dukung setelah konsolidasi. Nilai daya dukung dicari merupakan nilai daya dukung untuk pondasi dengan kedalaman pondasi 1,1 meter berdasarkan program PLAXIS.

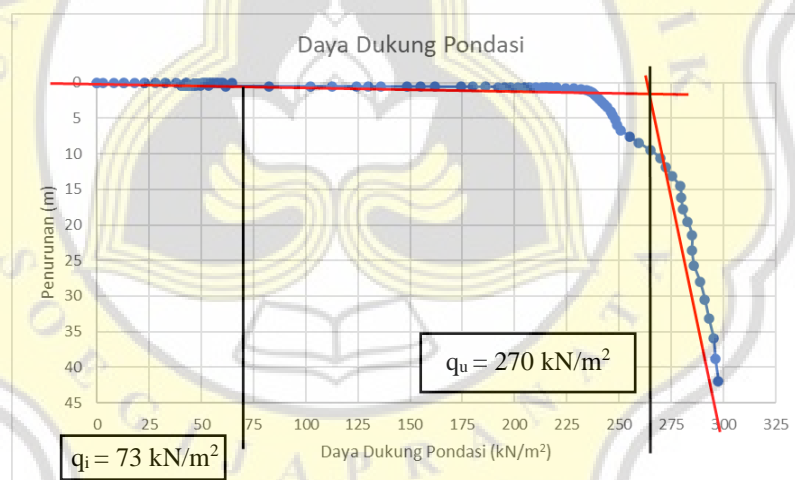
Nilai dari daya dukung *ultimate* yang didapatkan berdasarkan grafik hubungan antara penurunan dan daya dukung pondasi pada hasil kalkulasi. Pengaturan kalkulasi untuk daya dukung tanah ini juga dilakukan 2 tahapan. Tahapan 1



pengaturan kalkulasi untuk daya dukung sebelum tahap konsolidasi, dan pengaturan kalkulasi pada tahap setelah konsolidasi yang diperlihatkan pada Gambar 4.37. Pembahasan mengenai daya dukung pondasi dijabarkan sebagai berikut:

a. Daya dukung pondasi sebelum konsolidasi

Perhitungan daya dukung pondasi sebelum konsolidasi dilakukan untuk mengetahui beban yang dapat ditahan oleh pondasi yang ditanam 1,1 meter di dalam tanah timbunan dan lebar pondasi 0,5 meter. Daya dukung pondasi yang diperhitungkan adalah daya dukung pondasi dan daya dukung ijin pondasi. Daya dukung dengan metode elemen hingga didapatkan berdasarkan Gambar 4.64 yang merupakan grafik hubungan antara penurunan konsolidasi dan daya dukung pondasi. Grafik Hubungan Penurunan dan Daya Dukung dengan Muka Air Tanah Asli diperlihatkan pada Lampiran C.3.



Gambar 4.64 Hubungan Daya Dukung Pondasi dan Penurunan

Gambar 4.64 merupakan grafik hubungan antara daya dukung pondasi dan penurunan pondasi. Penurunan pondasi yang digunakan adalah pondasi F dikarenakan pondasi F mengalami penurunan terbesar. Nilai daya dukung pondasi ultimate ini diambil sebesar 270 kN/m² Hal ini disebabkan karena penambahan daya dukung setelah 270 kN/m² tidak terlalu signifikan dengan penambahan penurunan konsolidasinya, sehingga daya dukungnya setelah tahapan struktur atas berdiri adalah 270 kN/m². Daya dukung pondasi dengan tinggi 0,5 meter dan lebar 1 meter yang ditanam di kedalaman 1,1 meter di



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

bawah tanah timbunan daya dukung ijin sebesar 73 kN/m^2 yang didapatkan dari 2,5 cm, sehingga nilai faktor keamanan pondasi (FK) yang dapat ditahan oleh pondasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \frac{q_u}{q_i} \\ &= \frac{270}{73} \\ &= 3,69 \end{aligned}$$

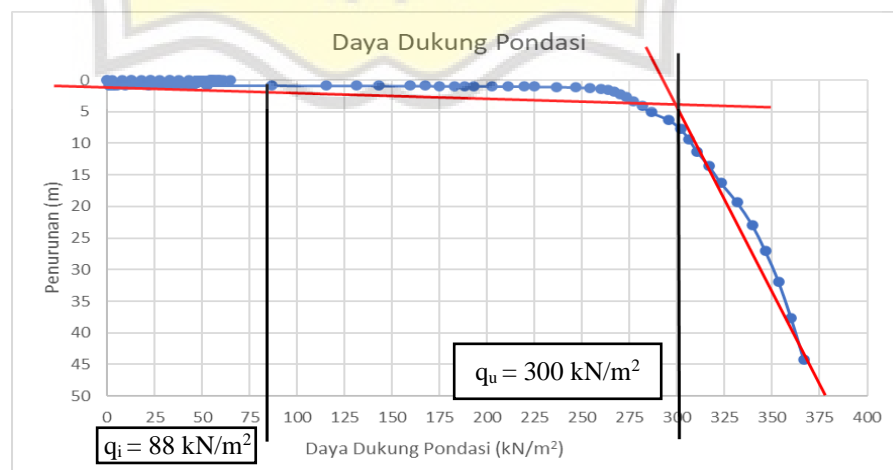
Sehingga beban maksimum yang diijinkan apabila tidak dilakukan proses konsolidasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_i &= q_i \times \text{Luas Permukaan Pondasi} \\ &= 73 \text{ kN/m}^2 (0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}) \\ &= 36,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan daya dukung ijin dan beban ijin dapat diketahui bahwa beban yang diijinkan yang dapat ditahan pondasi sebesar 36,5 kN dengan luas pondasi $0,5 \text{ m}^2$.

b. Daya dukung pondasi setelah konsolidasi

Daya dukung pondasi setelah konsolidasi ini diperhitungkan untuk mengetahui nilai daya dukung pondasi setelah dilakukan proses konsolidasi. Gambar 4.65 yang merupakan grafik hubungan antara penurunan konsolidasi dan daya dukung pondasi.



Gambar 4.65 Hubungan Daya Dukung Pondasi dan Penurunan



Gambar 4.65 merupakan grafik hubungan antara daya dukung pondasi dan penurunan pondasi. Nilai daya dukung pondasi *ultimate* ini sebesar 300 kN/m². Hal ini disebabkan karena penambahan daya dukung setelah 300 kN/m² tidak terlalu signifikan dengan penambahan penurunan konsolidasinya. Daya dukung pondasi dengan tinggi 0,5 meter dan lebar 1 meter yang ditanam di kedalaman 1,1 meter di bawah tanah timbunan daya dukung ijin sebesar 88 kN/m² yang didapatkan dari 2,5 cm, sehingga nilai faktor keamanan pondasi (F_k) pondasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_k &= \frac{q_u}{q_i} \\ &= \frac{300}{88} \\ &= 3,4 \end{aligned}$$

Sehingga beban maksimum yang diijinkan apabila dilakukan proses konsolidasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_i &= q_i \times \text{Luas Permukaan Pondasi} \\ &= 88 \text{ kN/m}^2 (0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}) \\ &= 44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan daya dukung ijin dan beban ijin dapat diketahui bahwa beban yang diijinkan yang dapat ditahan pondasi sebesar 44 kN dengan luas pondasi 0,5 m².

4.3 Pemodelan PLAXIS dengan Muka Air Tanah Naik 0,5 Meter

Pemodelan PLAXIS ini dilaksanakan dengan kondisi muka air tanah naik 0,5 m di lapangan. Tujuan dari pemodelan ini untuk mengetahui besar penurunan, lama waktu penurunan hingga daya dukung tanah pada lokasi penelitian. Besarnya penurunan tanah akibat beban ini akan berdampak terhadap bangunan yang akan dibangun. Bentuk *mesh* dari penurunan akan diperlihatkan melalui *shading*.

Pemodelan dan hasil kalkulasi dari muka air tanah naik 0,5 m pada Proyek Perumahan Mutiara Arteri akan dijelaskan pada subbab ini. Penjelasan mengenai



pengaturan pemodelan dan *output* akan dijabarkan juga pada subbab ini agar pemodelan tersebut dapat dianalisis.

4.3.1 *Input* pemodelan PLAXIS dan pengaturan kalkulasi

Tahap – tahap pembuatan model PLAXIS dan kalkulasinya dilakukan sebagai berikut:

1. Pengaturan Global

Tahap awal pemodelan PLAXIS yaitu melakukan pengaturan global. Pada Gambar 4.3 pengaturan global terbagi menjadi 2 pengaturan pada *tool bar* yaitu proyek dan dimensi. Pada *tool bar* proyek mengatur mengenai pemilihan model, pemilihan elemen dan percepatan gravitasi. Pemilihan model yang digunakan dalam penelitian ini adalah regangan bidang atau *plane strain*, pemilihan regangan bidang ini dikarenakan pada penelitian ini mengambil potongan bangunan rumah sebagai perwakilan bangunan dengan panjang dan luas yang tak terhingga. Elemen yang digunakan adalah nodal 15 dikarenakan pemilihan elemen ini penggunaannya akan lebih kompleks dan sesuai dengan kondisi di lapangan. Pada *tool bar* selanjutnya adalah dimensi. *Tool bar* ini merupakan pengaturan awal terhadap dimensi seperti satuan, ukuran dimensi geometri, serta jarak antar grid yang disesuaikan kebutuhan. Pengaturan satuan terdiri dari satuan panjang dalam meter, satuan gaya dalam kN, sedangkan satuan waktu dalam hari. Pada dimensi geometri pengaturan kiri adalah -12,5 meter, pengaturan kanan 12,5 meter, pengaturan bawah -25,0 meter, sedangkan pengaturan atas 25 meter.

2. Menggambar model sesuai dengan stratifikasi tanah

Tahap selanjutnya dalam pemodelan PLAXIS adalah melakukan penggambaran sesuai dengan stratifikasi dan stratigrafi tanah pada titik CPTu-3. Gambar 4.14 merupakan gambar yang meliputi stratifikasi tanah, tanah timbunan. Gambar 4.1 merupakan gambar model dari stratifikasi tanah ini sesuai dengan lapisan tanah pada potongan A – A'.

3. Menggambar model struktur bangunan menggunakan *tools* pelat

Pada tahap menggambar bentuk bangunan, *tools* yang digunakan adalah pelat.



Penggambaran model hanya meninjau 2 bangunan rumah saja sesuai dengan potongan A – A' pada *site plan* dan gambar potongan. Potongan bangunan rumah yang digunakan ini akan mewakili analisis yang dibutuhkan seperti penurunan konsolidasi primer, waktu penurunan konsolidasi, dan daya dukung pondasi. Pada Gambar 4.15 merupakan potongan bangunan yang digambar menggunakan program PLAXIS.

4. Input data material dan parameter tanah

Input parameter yang digunakan dibagi menjadi 2 berdasarkan model materialnya yaitu *Mohr-Colomb Model* dan *Soft Soil Model*.

a. *Mohr-Colomb Model*

Model digunakan untuk tanah berbutir kasar yang parameternya meliputi modulus elastisitas, berat volume tanah tak jenuh (γ_{unsat}), berat volume tanah jenuh (γ_{sat}), angka poisson, kohesi, sudut geser, permeabilitas (k).

b. *Soft Soil Model*

Soft Soil Model digunakan untuk tanah berbutir halus dengan konsistensi lunak dengan parameter yang digunakan adalah berat volume tanah tak jenuh (γ_{unsat}), berat volume tanah jenuh (γ_{sat}), indeks kompresi (C_c), dan indeks pengembangan (C_s), permeabilitas (k) angka poisson, angka pori, kohesi, dan sudut geser. Nilai – nilai dari parameter diperlihatkan pada Tabel 4.10.

Pada *input* kumpulan data material terbagi menjadi 3 pengaturan utama, yaitu pengaturan umum, parameter,

antar muka. *Input* pengaturan umum meliputi identifikasi, model material, jenis material, berat volume jenuh air, berat volume tak jenuh air, dan permeabilitas.

Contoh *input* pengaturan umum diperlihatkan pada Gambar 4.16.

Dengan memasukan nilai angka pori awal e_{awal} pada pengaturan umum tingkat lanjut. Angka yang dimasukan sesuai berdasarkan uji laboratorium. *Input* air pori awal (e_{awal}) diperlihatkan pada Gambar 4.17.

Pengaturan kedua yaitu parameter. Parameter yang digunakan antara model *Mohr-Colomb* dan *Soft Soil Model* terdapat perbedaan. Parameter dengan Model *Mohr-Colomb* digunakan untuk tanah yang tidak lunak dan *Soft Soil Model*



digunakan untuk tanah lunak. Pengaturan parameter diperlihatkan pada Gambar 4.18 dan 4.19 secara berturut turut.

Parameter lapisan tanah lain diinputkan sesuai dengan langkah di atas. Parameter lain diperlihatkan pada Tabel 4.8.

5. Input parameter struktur

Input parameter struktur pada program PLAXIS merupakan input data pelat pada PLAXIS. Parameter struktur yang dibutuhkan seperti kekakuan normal (EA), kekakuan lentur (EI), beban struktur, angka poisson dan modulus elastisitas. Pada Gambar 4.20 merupakan gambar input parameter struktur berdasarkan Tabel 4.9.

6. Input beban

Input beban pada PLAXIS merupakan beban diluar beban struktur utama seperti beban tembok, beban lantai, beban acian, beban keramik, beban atap, dan beban hidup dari bangunan rumah. Nilai beban pada PLAXIS terdapat pada Subbab 4.1.5. Pada Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 merupakan proses input beban merata dan beban terpusat.

7. Menyusun jaringan elemen

Menyusun jaringan elemen pada PLAXIS berfungsi untuk mengetahui bentuk deformasi dan sifat dari tanah yang diakibatkan karena beban yang bekerja. Gambar 4.23 merupakan gambar jaringan elemen yang dihasilkan yang berfungsi untuk memperhitungkan nilai tegangan yang bekerja.

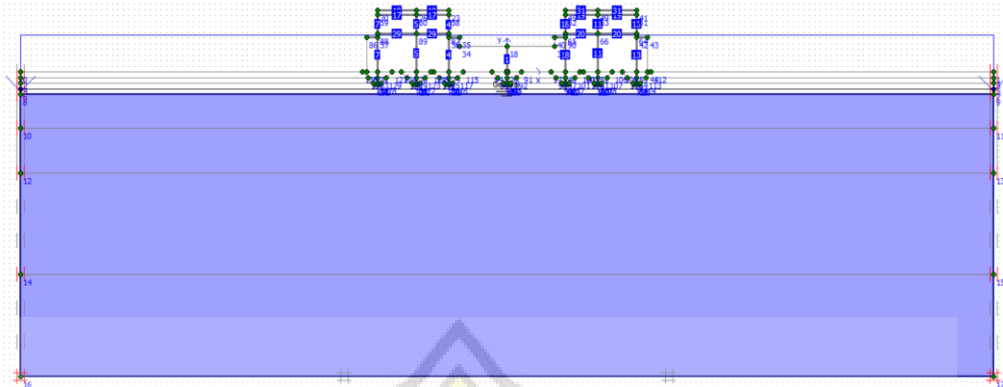
8. Pengaturan kondisi awal (*initial condition*)

Pengaturan kondisi awal ini untuk mengetahui kondisi awal sebelum tanah terbebani. Pengaturan kondisi awal ini terbagi menjadi 2 tahap yaitu tahap kondisi awal tegangan tanah dan kondisi muka air tanah awal. Gambar 4.66 merupakan penggambaran muka air tanah, sedangkan Gambar 4.67 merupakan gambar tekanan air pori aktif pada proyek perumahan Mutiara Arteri. Tekanan air pori diukur dari permukaan air pada kedalaman 2 meter di bawah tanah timbunan. Berat volume air tanah di lokasi proyek tersebut adalah $9,8 \text{ kN/m}^3$ dengan tekanan air pori sebesar $254,29 \text{ kN/m}^2$.

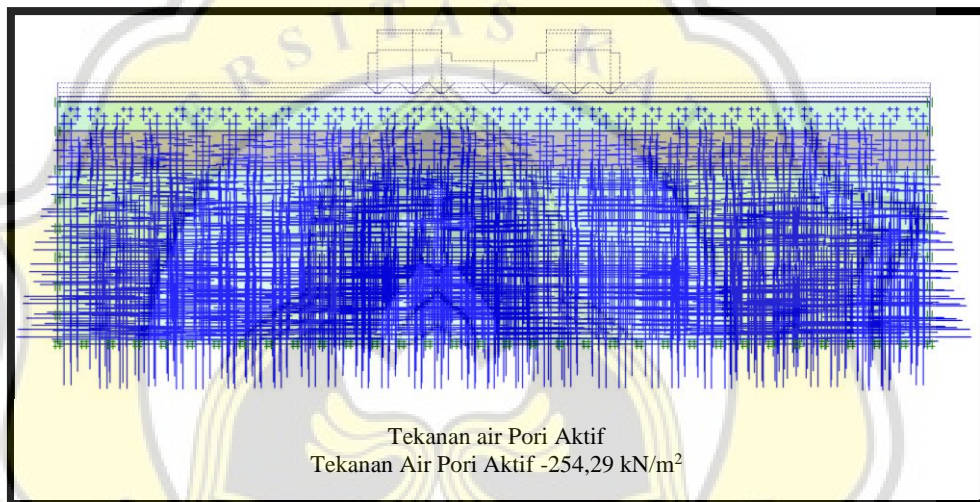


Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.66 Muka Air Tanah



Gambar 4.67 Tekanan Air Pori Aktif

Kondisi awal yang kedua adalah tegangan tanah awal. Tegangan tanah pada kondisi awal ini berfungsi untuk mengetahui besar tegangan tanah naik 0,5 m sebelum adanya timbunan dan bangunan dengan cara nonaktif beban bangunan dan tanah timbunan yang terdapat pada Gambar 2.25. Tegangan tanah naik 0,5 m dengan kondisi awal adalah sebesar 164,68 kN/m² yang merupakan tegangan tanpa timbunan dan bangunan.

Gambar 4.25 merupakan kondisi tanah naik 0,5 m tanpa beban timbunan dan beban bangunan. Beban timbunan dan beban bangunan dinonaktifkan dengan cara klik pada model timbunan dan bangunan hingga tanah pada timbunan dan bangunan tidak berwarna.

Pada Gambar 4.26 merupakan tegangan efektif tanah awal setelah nonaktif beban bangunan dan tanah timbunan.



9. Pengaturan kalkulasi

Pengaturan kalkulasi merupakan pengaturan untuk mengetahui hasil pengeluaran dari model PLAXIS. Pengaturan kalkulasi ini dibagi menjadi 4 jenis perhitungan yaitu analisa plastis, analisa konsolidasi, analisa reduksi ϕ -c dan analisa dinamik. Dalam penelitian ini jenis analisis yang digunakan adalah analisis plastis dan analisis konsolidasi. Analisis plastis digunakan untuk tiap jenis pekerjaan seperti timbunan, galian, pekerjaan pondasi, dan pekerjaan struktur atas, sedangkan analisis konsolidasi digunakan untuk mengetahui hasil yang berhubungan dengan penurunan konsolidasi.

a. Pengaturan kalkulasi timbunan

Pengaturan kalkulasi timbunan ini merupakan tahap awal dari pekerjaan konstruksi. Total tinggi timbunan pada lokasi penelitian ini adalah 2 meter, sehingga timbunan dilakukan 4 kali penimbunan dengan setiap penimbunan dilakukan setinggi 50 cm, oleh karena itu pengaturan kalkulasi timbunan dilakukan 4 tahap. Pada Gambar 4.27 merupakan pengaturan kalkulasi untuk tanah timbunan. Pengaturan kalkulasi ini dibagi menjadi 2 pengaturan yaitu pengaturan umum pada Gambar 4.27 bagian A dan pengaturan pada Parameter pada Gambar 4.27 bagian B.

Tahapan timbunan dilakukan sebanyak 4 kali dengan jenis perhitungan Analisa plastis. Tiap tahapan timbunan akan mewakili 1 lapisan tanah timbunan dengan cara mengaktifkan tanah timbunan seperti pada Gambar 4.28. Pada gambar A merupakan pengaktifan tahapan timbunan 1, pada Gambar B merupakan pengaktifan tahapan timbunan 2, Pada Gambar C merupakan pengaktifan tahapan timbunan 3, pada Gambar D merupakan pengaktifan tahapan timbunan 4.

b. Pengaturan kalkulasi konsolidasi 1 tahun

Pengaturan kalkulasi konsolidasi 1 tahun ini dilakukan setelah tahapan timbunan. Tanah di lokasi dilakukan konsolidasi setelah tahapan timbunan selama 1 tahun agar tanah tersebut tidak mengalami penurunan signifikan saat tahapan pondasi dan bangunan. Gambar 4.29 merupakan pengaturan kalkulasi pada tahapan konsolidasi 1 tahun.



Pada Gambar 4.29 bagian A, jenis perhitungan yang digunakan adalah Analisa Konsolidasi pada tahapan setelah timbunan 4. Pada bagian Gambar B interval waktu yang digunakan adalah 365 hari atau 1 tahun.

c. Pengaturan kalkulasi galian pondasi

Pengaturan kalkulasi pada galian pondasi ini dilakukan setelah tanah timbunan terkonsolidasi 1 tahun dan dilakukan sebelum pekerjaan pondasi. Galian pondasi ini digali sedalam penanaman pondasi yaitu 1,1 meter di bawah tanah timbunan. Pada Gambar 4.30 merupakan pengaturan kalkulasi untuk galian pondasi yang dibagi menjadi 2 pengaturan yaitu pengaturan umum pada Gambar A dan pengaturan parameter pada Gambar B.

Berdasarkan Gambar 4.30 bagian A jenis perhitungan yang digunakan adalah analisa plastis. Pekerjaan ini dilakukan setelah pekerjaan konsolidasi 1 tahun. Gambar 4.31 merupakan gambar pekerjaan timbunan tanah yang digali dengan cara mengklik atau menonaktifkan tanah timbunan di lokasi pondasi.

d. Pengaturan kalkulasi pekerjaan pondasi

Pengaturan kalkulasi pada pekerjaan pondasi ini dilakukan setelah pekerjaan galian pada tanah timbunan. Pengaturan kalkulasi diperlihatkan pada Gambar 4.32.

Berdasarkan Gambar 4.32 bagian A bahwa jenis analisa pada pekerjaan pondasi merupakan analisis plastis. Pada Gambar 4.33 pondasi pada model diaktifkan dengan cara klik pada pelat pondasi. Pekerjaan stek kolom termasuk ke dalam pekerjaan pondasi.

e. Pengaturan kalkulasi timbunan kembali

Setelah pekerjaan pondasi dilakukan, pekerjaan selanjutnya adalah pekerjaan timbunan tanah. Pengaturan kalkulasi pekerjaan timbunan tanah kembali diperlihatkan pada Gambar 4.33.

Berdasarkan pada Gambar 4.33 bagian A bahwa pekerjaan timbunan kembali merupakan pekerjaan yang dilakukan setelah adanya pekerjaan pondasi. Jenis analisa yang digunakan di pekerjaan ini adalah analisa plastis. Pemilihan analisa plastis diakibatkan karena tanah menerima beban. Pada Gambar 4.33



bagian B bahwa tahapan ini termasuk Tahapan konstruksi. Pada Gambar 4.34 gambar pengaktifan timbunan yang dilakukan dengan cara klik timbunan yang tergal pada galian pondasi.

f. Pengaturan kalkulasi pekerjaan struktur atas

Pengaturan kalkulasi pekerjaan struktur atas dilakukan setelah pekerjaan timbunan tanah kembali. Pengaturan kalkulasi pekerjaan struktur atas diperlihatkan pada Gambar 4.35.

Pengaturan kalkulasi pada pekerjaan struktur atas ini dibagi menjadi 2 yaitu pengaturan umum pada Gambar 4.35 bagian A dan pengaturan kalkulasi pada Gambar 4.35 bagian B. Pada pengaturan umum, pekerjaan struktur atas dimulai setelah pekerjaan timbunan kembali, dan jenis analisa yang digunakan adalah analisa plastis, sedangkan pada pengaturan parameter difungsikan untuk menentukan pengaktifan beban. Pada Gambar 4.36 merupakan gambar pengaktifan beban struktur atas dengan cara klik pada beban struktur atas.

g. Pengaturan Kalkulasi Konsolidasi

Pengaturan kalkulasi konsolidasi ini untuk mengetahui berapa besar penurunan konsolidasi yang akan terjadi pada pemodelan tersebut. Tipe kalkulasi dalam tahap ini dipilih dengan tipe konsolidasi. Pengaturan konsolidasi dibagi menjadi beberapa *file* program PLAXIS. *File* PLAXIS ini dibedakan berdasarkan durasi konsolidasi yang dibutuhkan dengan durasi saat terkonsolidasi 50%, saat terkonsolidasi 90% dan saat terkonsolidasi 100%. setelah tahap konstruksi. Pada Gambar 4.37 merupakan gambar untuk mengatur kalkulasi untuk menganalisa konsolidasi.

Berdasarkan Gambar 4.37 pada bagian B merupakan pengaturan konsolidasi selama 5 tahun, dan pada bagian C merupakan konsolidasi selama 10 tahun, sedangkan pada bagian D merupakan konsolidasi selama 17 tahun atau konsolidasi sempurna. Penentuan waktu diambil berdasarkan pada perhitungan nilai tekanan air pori berlebih yang dijabarkan pada subbab 4.2.2 nomor 2.



h. Pengaturan Kalkulasi Daya Dukung Pondasi

Tahap selanjutnya adalah pengaturan kalkulasi daya dukung pondasi. Tahap ini dilakukan di kedua kondisi. Kondisi 1 dilakukan sebelum tahap konsolidasi, sedangkan kondisi 2 dilakukan setelah konsolidasi. Dilakukan 2 kondisi ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung pondasi sebelum dilakukan konsolidasi dan setelah dilakukan konsolidasi. Pada Gambar 4.38 merupakan pengaturan kalkulasi dari daya dukung pondasi.

Berdasarkan Gambar 4.37 bagian A merupakan pengaturan umum daya dukung pondasi. Pengaturan ini menggunakan jenis perhitungan analisa plastik. Pada Gambar 4.37 bagian B merupakan pengaturan daya dukung pondasi sebelum dilakukan konsolidasi dengan tipe masukan beban adalah Peningkatan Faktor Pengali. Pada Gambar 4.37 bagian C merupakan pengaturan daya dukung pondasi setelah dilakukan konsolidasi dengan tipe masukan beban adalah Peningkatan Faktor Pengali. Faktor pengali ini akan memperlihatkan besarnya beban maksimum tiap satuan luas dalam 1 beban pondasi.

10. Mengatur titik tinjau

Titik tinjau berfungsi untuk membantu analisis yang dibutuhkan seperti penurunan, tekanan air pori berlebih, daya dukung. Gambar 4.38 menunjukkan bahwa pemodelan ini menggunakan 8 titik tinjau. Titik tinjau A berada di tanah lunak dengan tekanan air pori berlebih memiliki nilai terbesar, dan titik tinjau B hingga titik H yang dipilih berada di bawah pondasi. Titik tinjau A akan memperlihatkan nilai tekanan air pori berlebih hingga konsolidasi berakhir, sedangkan titik B hingga H akan memperlihatkan nilai penurunan dan daya dukung pada titik pondasi yang ditentukan.

4.3.2 Hasil kalkulasi dan pembahasan

Hasil dari kalkulasi pemodelan PLAXIS dengan muka air tanah naik 0,5 m yaitu untuk mencari waktu konsolidasi pada saat tekanan air pori berlebih mencapai 50%, 90% dan terkonsolidasi sempurna dengan menggunakan grafik antara tekanan air



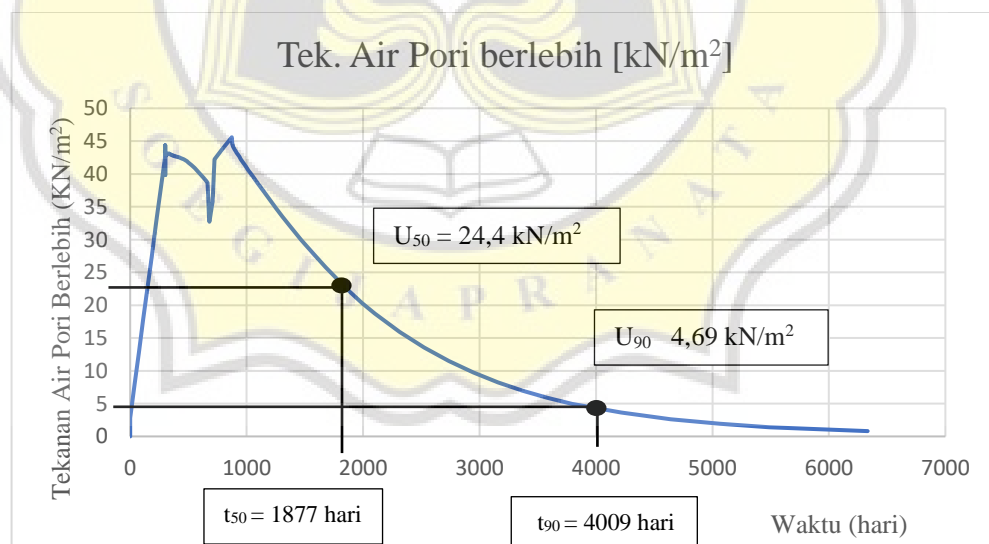
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

pori berlebih dan waktu. Hasil kalkulasi yang kedua adalah mencari penurunan konsolidasi pada pondasi pada saat U_{50} , U_{90} dan terkonsolidasi sempurna. Hasil kalkulasi yang ketiga adalah mencari daya dukung pondasi sebelum dilakukan konsolidasi dan setelah terkonsolidasi sempurna. Berikut merupakan penjelasan hasil kalkulasi.

1. Jangka waktu konsolidasi

Jangka waktu konsolidasi ini diambil berdasarkan grafik hubungan antara waktu dan tekanan air pori berlebih. Akibat mengalami konsolidasi, tekanan air pori berlebih akan menurun hingga mendekati 0, sehingga waktu konsolidasi dapat diambil berdasarkan hubungan grafik antara waktu dan tekanan air pori berlebih. Gambar 4.68 merupakan grafik hasil hubungan antara waktu dengan tekanan air pori berlebih. Waktu yang diambil adalah saat kondisi terkonsolidasi 90% (U_{90}) dikarenakan pada kondisi 90% terkonsolidasi tekanan air pori berlebih tidak mengalami penurunan yang signifikan. Selain U_{90} , waktu yang dicari adalah saat terkonsolidasi 50%. Grafik Tekanan air pori berlebih diperlihatkan pada Lampiran C.5.



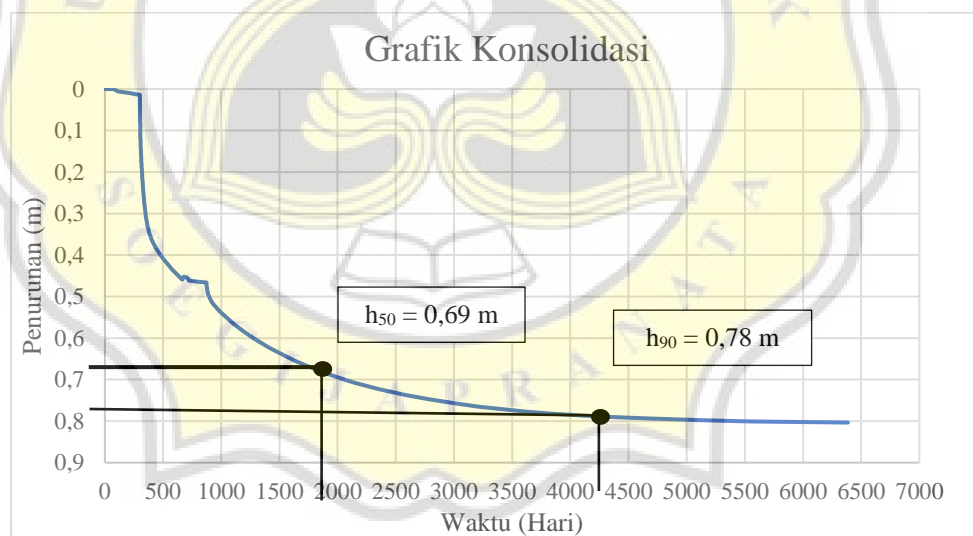
Gambar 4.68 Grafik Tekanan Air Pori Berlebih

Berdasarkan Gambar 4.68 bahwa pada hari 0 – 300 hari mengalami kenaikan tekanan air pori mencapai 44,09 kN/m², hal ini diakibatkan karena adanya beban timbunan, pada hari 300 – 665 hari terjadi penurunan akibat konsolidasi yang dilakukan selama 1 tahun, pada hari 665 - 679 penurunan tekanan air pori



mencapai $32,7 \text{ kN/m}^2$ diakibatkan karena adanya galian. Tekanan air pori kembali naik akibat beban pondasi, timbunan kembali dan beban struktur atas mencapai $45,51 \text{ kN/m}^2$ pada hari ke 873. Setelah pembangunan maka tekanan air pori berlebih akan menurun akibat dari penurunan konsolidasi. Pada Gambar 4.68 dapat diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan saat terkonsolidasi 50% atau dengan tekanan air pori berlebih sebesar $24,4 \text{ kN/m}^2$ adalah 1877 hari atau 5,14 tahun, sedangkan waktu konsolidasi saat terkonsolidasi 90% adalah 4009 hari atau 10,98 tahun dengan tekanan air pori berlebih sebesar $4,69 \text{ kN/m}^2$.

Waktu dari hasil saat tanah mengalami konsolidasi 50% (U_{50}) dan terkonsolidasi 90% (U_{90}) pada Gambar 4.68, kemudian dihubungkan dengan grafik konsolidasi pada Gambar 4.69. Gambar 4.69 merupakan gambar hubungan antara waktu konsolidasi dengan kedalaman. Grafik Konsolidasi diperlihatkan pada Lampiran C.6.



Gambar 4.69 Grafik Penurunan Konsolidasi

Berdasarkan Gambar 4.69 bahwa pada hari ke 0 – 300 hari merupakan pekerjaan timbunan, sehingga penurunan akibat konsolidasi sangat kecil yaitu 0,14 meter. Pada hari ke ke 300 hingga 665 hari dilakukan konsolidasi selama 1 tahun, sehingga tanah turun menjadi 0,47 meter. Pada hari 665 hingga 873 hari dilakukan pekerjaan galian kembali hingga pekerjaan struktur atas. Pada hari 874 dilakukan konsolidasi kembali hingga penurunannya mencapai 0,78 meter



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

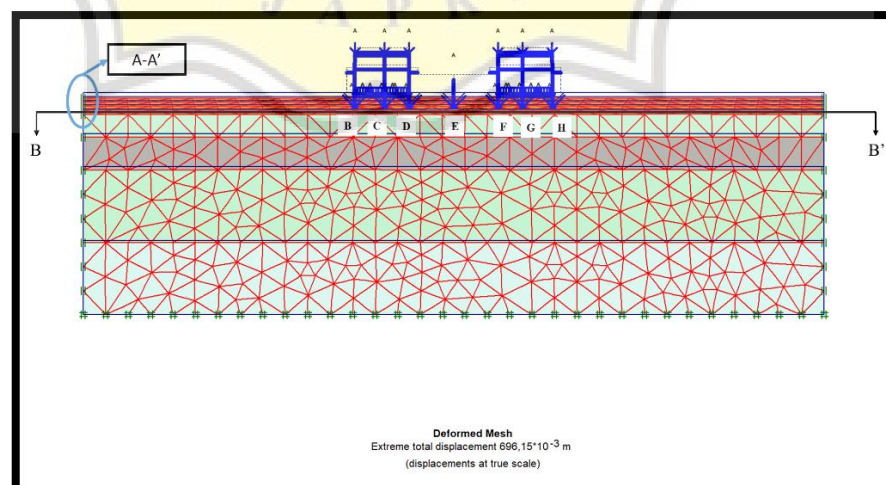
pada konsolidasi sempurna. Pada Gambar 4.69 juga dapat diketahui bahwa penurunan yang dicapai saat tanah terkonsolidasi 50% (U_{50}) atau 1877 hari adalah 0,69 meter, sedangkan penurunan yang dicapai tanah saat terkonsolidasi 90% (U_{90}) atau 4009 hari adalah 0,78 meter.

2. Penurunan konsolidasi

Penurunan konsolidasi pondasi pada muka air tanah naik 0,5 m ini dipisahkan menjadi beberapa bagian untuk mengetahui besar penurunan yang terjadi. Waktu penurunan yang diambil adalah penurunan setelah 5 tahun (pada saat U_{50}), penurunan setelah 10,7 tahun (pada saat U_{90}) dan penurunan setelah 17 tahun (pada saat U_{100}). Pemilihan waktu 5 tahun bertujuan untuk menganalisis besar penurunan pondasi saat terkonsolidasi 50%, sedangkan dipilih waktu 10 bertujuan untuk menganalisis penurunan pondasi setelah terkonsolidasi 90%, sedangkan 17 tahun dipilih untuk melakukan analisis penurunan pondasi setelah tekanan air pori berlebih mendekati 1 kN/m^2 . Pemilihan waktu ini berdasarkan hasil analisis waktu pada Gambar 4.69.

a. Analisis penurunan konsolidasi pada saat terkonsolidasi 50%

Berdasarkan hasil Gambar 4.68 dan Gambar 4.69 bahwa penurunan konsolidasi saat terkonsolidasi 50% atau saat tekanan air pori berlebih mencapai 50% dengan waktu 1877 hari adalah 67,17 cm. Hasil Gambar 4.65 merupakan bentuk perilaku kondisi tanah akibat konsolidasi setelah 1877 hari.



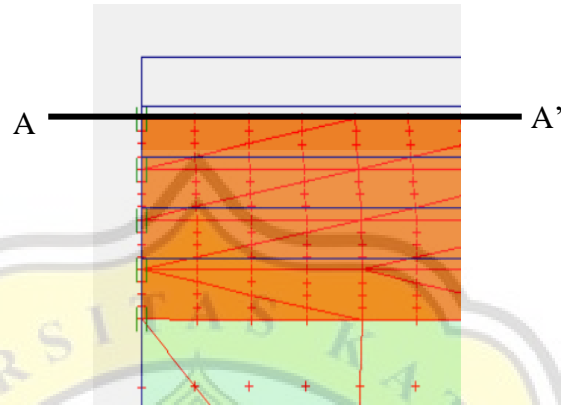
Gambar 4.70 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 1877 Hari



Tugas Akhir

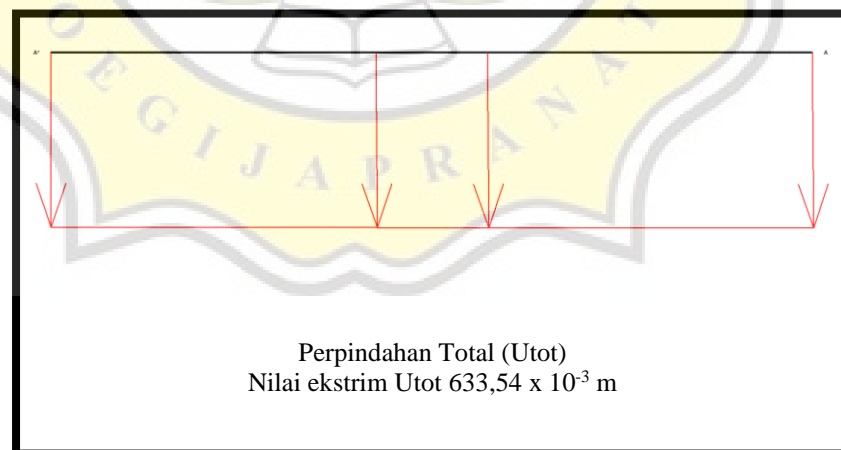
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Pada Gambar 4.70 terdapat 2 potongan yaitu potongan A – A' pada tanda lingkaran dan potongan B – B'. Potongan A – A' diperjelas pada Gambar 4.71.



Gambar 4.71 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 1877 Hari Pada Potongan A – A'

Pada potongan A – A' berfungsi untuk mengetahui penurunan tanah saat terkonsolidasi tanpa adanya beban. Posisi potongan ini diambil di ujung pemodelan, hal ini dikarenakan dapat membedakan penurunan konsolidasi tanpa beban dan dengan adanya beban. Pada Gambar 4.72 merupakan hasil dari penurunan tanah pada potongan A – A'.



Gambar 4.72 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah

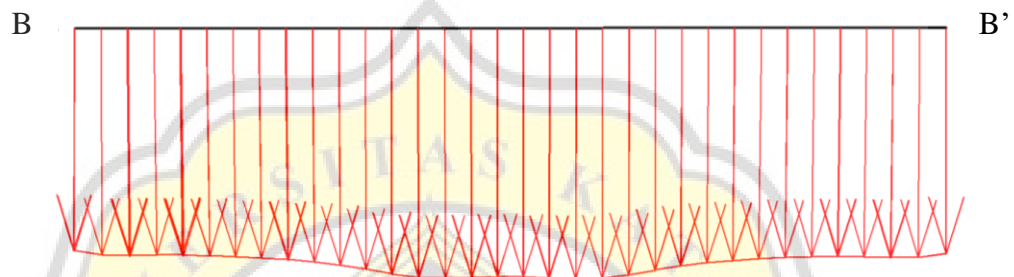
Berdasarkan pada Gambar 4.72 dapat diketahui bahwa penurunan tanah tanpa ada beban saat terkonsolidasi 50% atau dalam waktu 1877 hari adalah 63,35 cm. Penurunan ini akan terus berlanjut hingga konsolidasi selesai.



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Berdasarkan Gambar 4.70 bahwa penurunan tanah terbesar terjadi bangunan rumah dengan besar penurunan sebesar 78,7 cm. pada Gambar 4.70 juga terdapat potongan B – B' yang akan menjelaskan penurunan dipotongan tersebut. Gambar 4.70 juga terdapat titik tinjau pondasi yang akan menjelaskan mengenai penurunan ditiap pondasi. Hasil potongan B – B' diperlihatkan pada Gambar 4.73.



Gambar 4.73 Potongan Gambar B – B' Terkonsolidasi 50%

Pada Gambar 4.73 menunjukkan bentuk penurunan tanah dan perilaku tanah pada potongan B – B' saat terkonsolidasi pada waktu ke 1877 hari. Penurunan terbesar berada di tengah potongan ini dikarenakan di tengah potongan terdapat bangunan rumah 1 lantai yang membebani tanah tersebut. Penurunan tanah ini juga akan mengakibatkan pondasi bangunan tersebut mengalami penurunan akibat beban bangunan. Besar penurunan pondasi B – pondasi H diperlihatkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 50% (M.A.T 1,5 m)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi B	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $648,67 \times 10^{-3}$ m</p>	67,49 cm	4,14 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.13 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 50% (Lanjutan)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi C	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $695,03 \times 10^{-3}$ m</p>	69,5 cm	6,15 cm
Pondasi D	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $682,76 \times 10^{-3}$ m</p>	68,27 cm	4,92 cm
Pondasi E	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $674,88 \times 10^{-3}$ m</p>	67,48 cm	4,13 cm
Pondasi F	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $682,85 \times 10^{-3}$ m</p>	68,28 cm	4,93 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.13 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 50% (Lanjutan)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi G	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $683,18 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	68,31 cm	4,96 cm
Pondasi H	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $675,2 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	67,52 cm	4,17 cm

Berdasarkan hasil penurunan pondasi pada Tabel 4.13 dapat diketahui bahwa penurunan terbesar akibat beban timbunan dan pondasi serta penurunan akibat beban pondasi dalam waktu 1877 hari adalah 69,5 cm dan 6,15 cm pada pondasi C. Penurunan antar pondasi ini tidak berbeda jauh dikarenakan penurunan ini cukup merata pada bagian bangunan rumah.

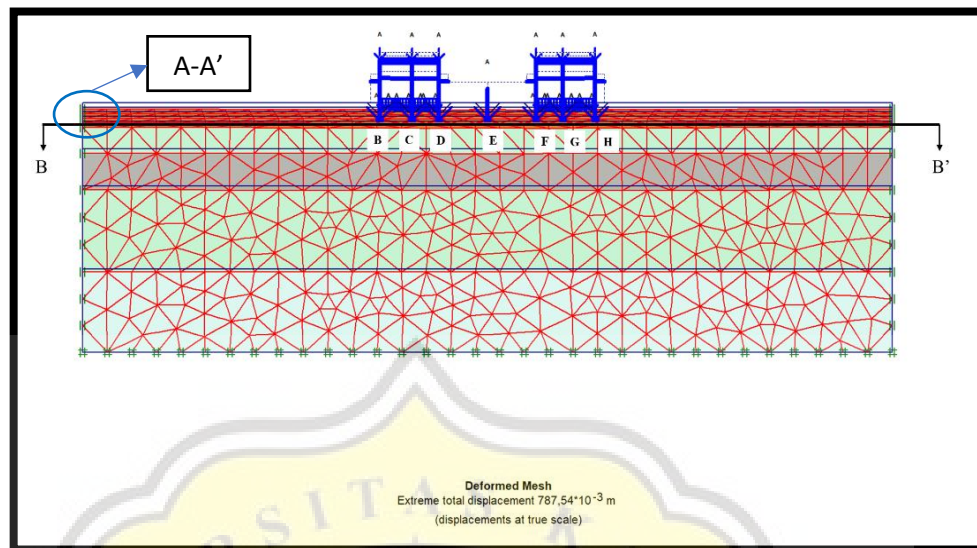
b. Analisis penurunan konsolidasi pada saat terkonsolidasi 90%

Penurunan tanah saat terkonsolidasi 90% terjadi saat tekanan air pori tersisa 10%. Berdasarkan pada Gambar 4.68 dan Gambar 4.69 penurunan tanah saat tekanan air pori berlebih tersisa 10% terjadi pada waktu 4009 hari. Bentuk perilaku kondisi tanah akibat konsolidasi setelah 4009 hari diperlihatkan pada Gambar 4.74.



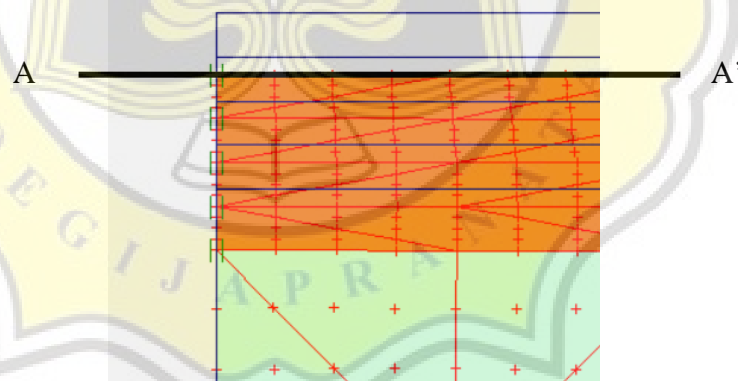
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.74 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 4009 Hari

Pada Gambar 4.74 terdapat 2 potongan yaitu potongan A – A' pada tanda lingkaran dan potongan B – B'. Potongan A – A' diperjelas pada Gambar 4.75.



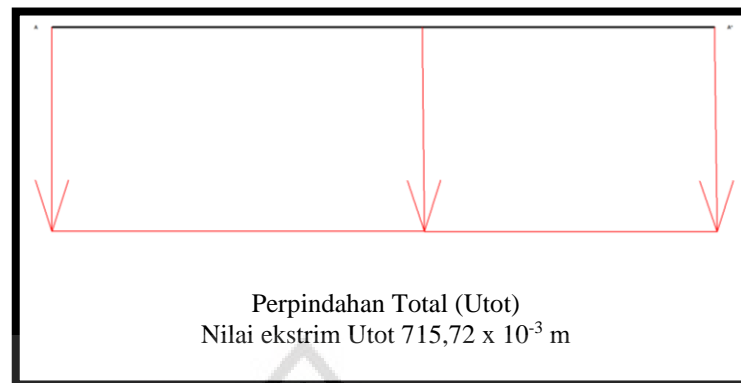
Gambar 4.75 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 4009 Hari Pada Potongan A – A'

Pada potongan A – A' berfungsi untuk mengetahui penurunan tanah saat terkonsolidasi tanpa adanya beban. Posisi potongan ini diambil di ujung pemodelan, hal ini dikarenakan dapat membedakan penurunan konsolidasi tanpa beban dan dengan adanya beban. Pada Gambar 4.74 merupakan hasil dari penurunan tanah pada potongan A – A'.



Tugas Akhir

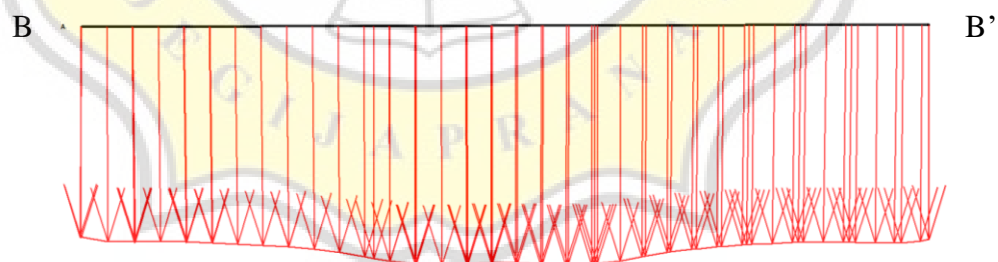
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)



Gambar 4.76 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah

Berdasarkan pada Gambar 4.76 dapat diketahui bahwa penurunan tanah tanpa ada beban saat terkonsolidasi 90% atau dalam waktu 4009 hari adalah 71,5 cm. Penurunan ini akan terus berlanjut hingga konsolidasi selesai.

Gambar 4.74 dapat diketahui besarnya nilai penurunan tanah terletak pada bangunan rumah dengan besar penurunan sebesar 77,7 cm. Gambar 4.74 terdapat potongan B – B' yang akan menjelaskan kondisi penurunan dan perilaku tanah dipotongan tersebut. Potongan B – B' akan tergambar pada Gambar 4.77 Selain potongan B – B', Gambar 4.74 terdapat titik tinjau pondasi B hingga pondasi H yang akan menjelaskan mengenai penurunan di tiap pondasi.



Gambar 4.77 Potongan Gambar B – B' Terkonsolidasi 90%

Pada Gambar 4.77 menunjukkan bentuk penurunan tanah dan perilaku tanah akibat beban bangunan dan beban timbunan saat terkonsolidasi pada waktu ke 4009 hari. Penurunan terbesar terjadi di tengah potongan hal ini dikarenakan di tengah potongan terdapat bangunan rumah 1 lantai yang membebani tanah tersebut. Penurunan tanah ini juga akan mengakibatkan



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

pondasi bangunan tersebut mengalami penurunan akibat beban bangunan.

Besar penurunan pondasi B – pondasi H diperlihatkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 90% (M.A.T 1,5 m)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi B	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $774,92 \times 10^{-3}$ m</p>	77,49 cm	5,92 cm
Pondasi C	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $785,12 \times 10^{-3}$ m</p>	78,51 cm	6,94 cm
Pondasi D	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $785,34 \times 10^{-3}$ m</p>	78,53 cm	6,96 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.14 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 90% (Lanjutan)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi E	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $778,25 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	77,82 cm	6,25 cm
Pondasi F	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $785,43 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	78,54 cm	6,97 cm
Pondasi G	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $784,83 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	78,48 cm	6,91 cm
Pondasi H	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $775,2 \times 10^{-3} \text{ m}$</p>	77,52 cm	5,95 cm



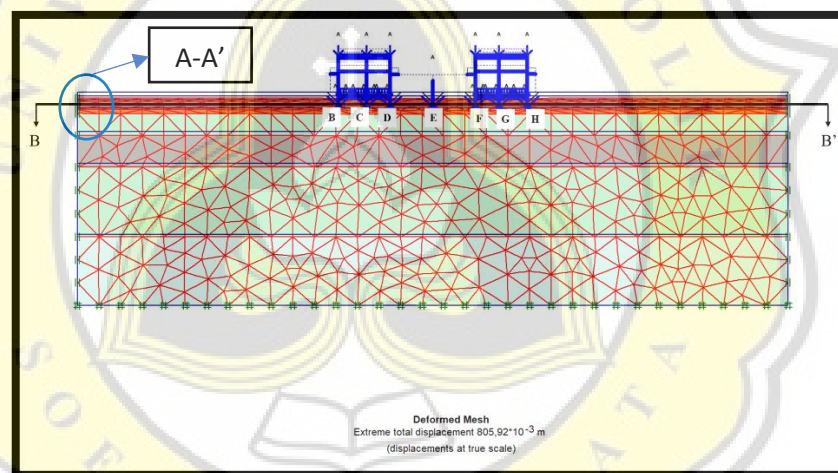
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Berdasarkan hasil penurunan pondasi pada Tabel 4.14 dapat diketahui bahwa penurunan terbesar akibat beban timbunan dan pondasi serta penurunan akibat beban pondasi dalam waktu 4009 hari adalah 78,54 cm dan 6,97 cm pada pondasi F. Pada waktu ke 4009 penurunan antar pondasi ini tidak berbeda jauh dikarenakan penurunan cukup merata pada bagian bangunan.

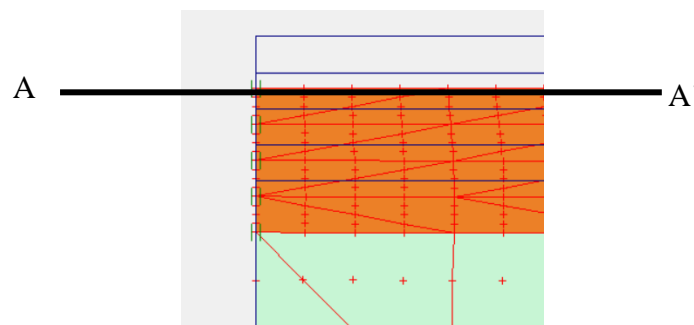
c. Analisis penurunan konsolidasi pada saat terkonsolidasi sempurna

Penurunan tanah saat terkonsolidasi sempurna terjadi saat tekanan air pori mencapai 1 kN/m^2 . Berdasarkan pada Gambar 4.68 dan Gambar 4.69 penurunan tanah saat tekanan air pori berlebih mencapai 1 kN/m^2 terjadi pada waktu 6385 hari atau 17 tahun. Bentuk perilaku tanah dan jaringan elemen akibat konsolidasi setelah 6385 hari diperlihatkan pada Gambar 4.78.



Gambar 4.78 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 6385 Hari

Gambar 4.78 ada 2 potongan yaitu potongan A – A' pada tanda lingkaran dan potongan B – B'. Potongan A – A' diperjelas pada Gambar 4.79.



Gambar 4.79 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah Setelah 6333 Hari Pada Potongan A – A'



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

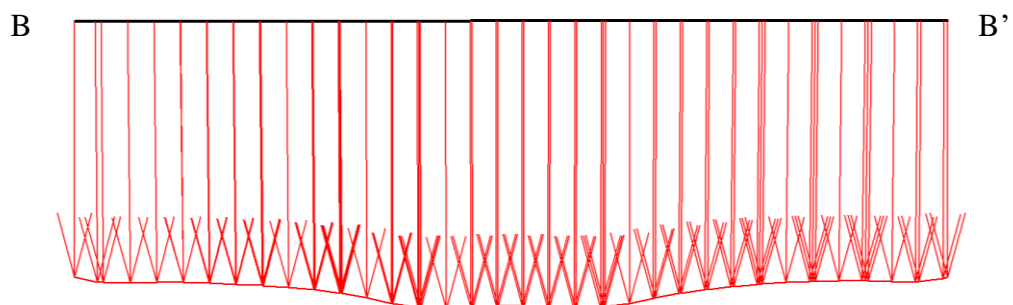
Pada potongan A – A' berfungsi untuk mengetahui penurunan tanah saat terkonsolidasi tanpa adanya beban. Posisi potongan ini diambil di ujung pemodelan, hal ini dikarenakan dapat membedakan penurunan konsolidasi tanpa beban dan dengan adanya beban. Pada Gambar 4.80 merupakan hasil dari penurunan tanah pada potongan A – A'.



Gambar 4.80 Bentuk Perilaku Kondisi Tanah

Berdasarkan pada Gambar 4.78 dapat diketahui bahwa penurunan tanah tanpa ada beban saat terkonsolidasi 50% atau dalam waktu 6333 hari adalah 73,02 cm.

Gambar 4.78 dapat diketahui besarnya nilai penurunan tanah terletak pada bangunan rumah dengan besar penurunan sebesar 80,5 cm. Gambar 4.78 terdapat potongan B – B' yang akan menjelaskan kondisi penurunan dan perilaku tanah dipotong tersebut. Potongan B – B' akan tergambar pada Gambar 4.81 Selain potongan B – B', Gambar 4.78 terdapat titik tinjau pondasi B hingga pondasi H yang akan menjelaskan mengenai penurunan di tiap pondasi.



Gambar 4.81 Potongan B – B' Terkonsolidasi Sempurna



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Gambar potongan B – B' pada Gambar 4.81 menunjukkan bentuk penurunan dan perilaku tanah akibat beban bangunan dan beban timbunan saat terkonsolidasi pada waktu ke 6385 hari. Penurunan terbesar terjadi di tengah potongan hal ini dikarenakan di tengah potongan terdapat bangunan rumah 1 lantai yang membebani tanah tersebut. Penurunan tanah ini juga akan mengakibatkan pondasi bangunan tersebut mengalami penurunan akibat beban bangunan. Besar penurunan pondasi B – pondasi H diperlihatkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 100% (M.A.T 1,5 m)

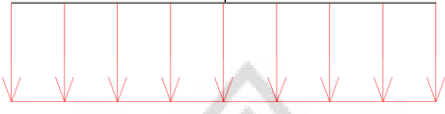

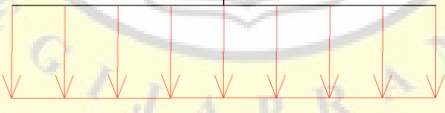
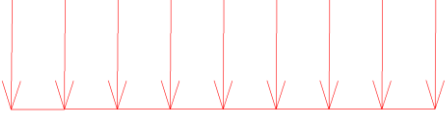
Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi B	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $792,62 \times 10^{-3}$ m</p>	79,26 cm	6,24 cm
Pondasi C	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $790,5 \times 10^{-3}$ m</p>	79,05 cm	6,03 cm
Pondasi D	<p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $790,9 \times 10^{-3}$ m</p>	79,09 cm	6,07 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.15 Penurunan Pondasi Terkonsolidasi 100% (Lanjutan)

Nama Pondasi	Gambar Penurunan Total Pondasi	Penurunan Total (cm)	Penurunan Pondasi (cm)
Pondasi E	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $783,81 \times 10^{-3}$</p>	78,38 cm	5,36 cm
Pondasi F	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $803,6 \times 10^{-3}$</p>	80,36 cm	7,34 cm
Pondasi G	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $790,26 \times 10^{-3}$</p>	79,02 cm	6 cm
Pondasi H	 <p>Perpindahan Total (Utot) Nilai ekstrim Utot $780,12 \times 10^{-3}$</p>	78,01 cm	4,99 cm



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

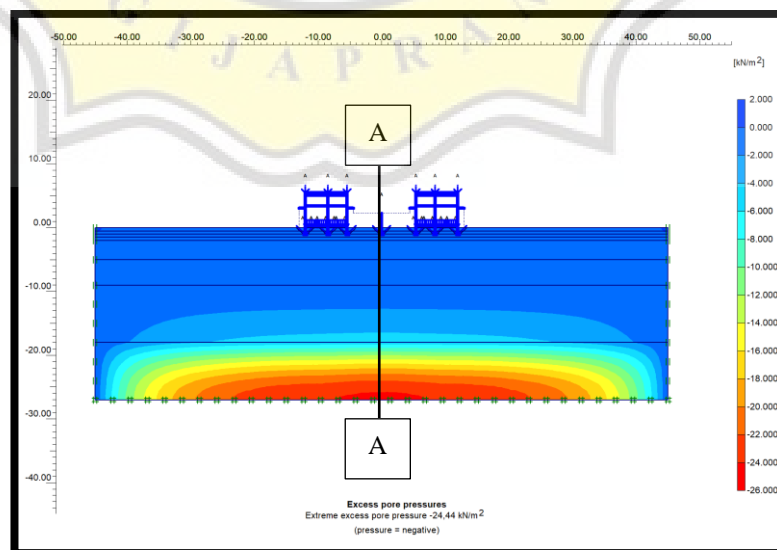
Berdasarkan hasil penurunan pondasi pada Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa penurunan terbesar akibat beban timbunan dan pondasi serta penurunan akibat beban pondasi dalam waktu 6385 hari adalah 80,36 cm dan 7,34 cm pada pondasi F. Pada waktu ke 6385 penurunan antar pondasi ini juga tidak berbeda jauh, hal dikarenakan penurunan pondasi ini cukup merata pada bagian bangunan rumah.

3. Tekanan air pori berlebih

Pada pemodelan ini, nilai tekanan air pori berlebih diambil berdasarkan potongan A – A' pada hasil keluaran PLAXIS. Berdasarkan pada grafik tekanan air pori berlebih yang terdapat pada Gambar 4.68 dapat diketahui bahwa nilai tekanan air pori berlebih akan meningkat apabila ada tambahan beban seperti beban timbunan maupun beban bangunan, sedangkan nilai tekanan air pori berlebih akan menurun hingga mendekati 0 apabila dilakukan proses konsolidasi. Hasil tekanan air pori berlebih ini yang akan dibahas dalam tugas akhir ini saat mengalami proses konsolidasi dengan pemilihan waktu sebagai berikut:

a. Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 50%

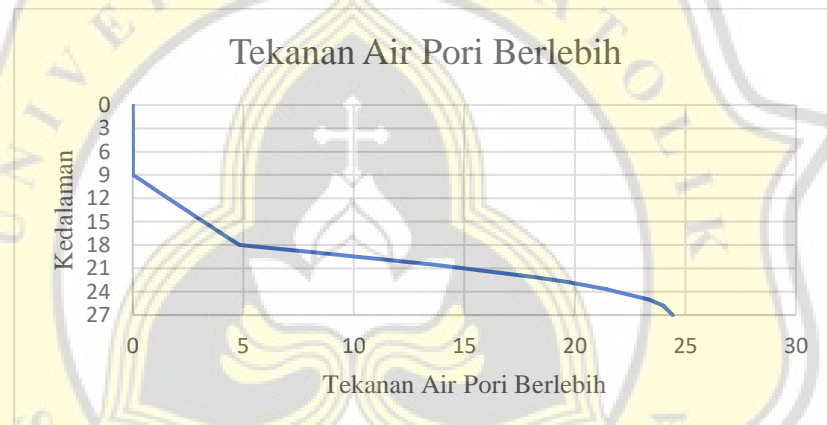
Berdasarkan pada Gambar 4.82 bahwa nilai tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 50% (U_{50}) adalah 24,44 kN/m². Gambar 4.82 merupakan bentuk pemodelan tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 50%.



Gambar 4.82 Tekanan Air Pori Berlebih Saat Terkonsolidasi 50%



Berdasarkan Gambar 4.82, tekanan air pori berlebih pada saat mengalami konsolidasi sebesar 50% memiliki nilai tekanan air pori berlebih sebesar $24,44 \text{ kN/m}^2$ dengan tekanan air pori berlebih terbesar berada pada lapisan tanah lempung lunak dengan kedalaman 20 meter – 27 meter. Hal ini dikarenakan lapisan tanah lempung lunak pada kedalaman tersebut merupakan lapisan tanah yang memiliki selisih jarak terbesar terhadap tanah berbutir kasar, sehingga air yang berada pada kedalaman tersebut akan memerlukan waktu lebih lama untuk melakukan proses konsolidasi. Pada Gambar 4.82 terdapat potongan melintang A – A' pada Gambar 4.83 untuk mengetahui besarnya tekanan air pori berlebih ditiap kedalaman.



Gambar 4.83 Tekanan Air Pori Berlebih Pada Potongan A – A' Saat Terkonsolidasi 50%

Berdasarkan Gambar 4.83 dapat diketahui bahwa tekanan air pori berlebih terbesar pada kedalaman 27 meter dengan nilai tekanan air pori berlebih sebesar $24,44 \text{ kN/m}^2$. Lapisan tanah lunak yang mendekati lapisan pasir akan terkonsolidasi terlebih dahulu, sehingga nilai tekanan air pori berlebih mendekati nilai 0.

b. Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 90%

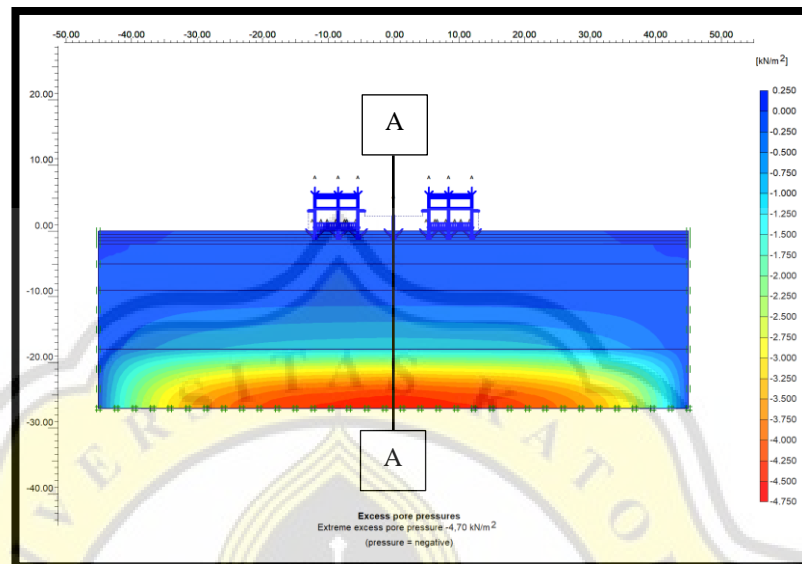
Pada saat terkonsolidasi 90%, maka tekanan air pori berlebih maksimum di dalam lapisan tanah tersisa 10% dengan nilai sebesar $4,69 \text{ kN/m}^2$. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 4.84 mengenai grafik tekanan air pori berlebih. Tekanan air pori berlebih ini sudah mengalami penurunan, hal ini diakibatkan karena adanya proses konsolidasi yang sedang berlangsung. Gambar 4.84



Tugas Akhir

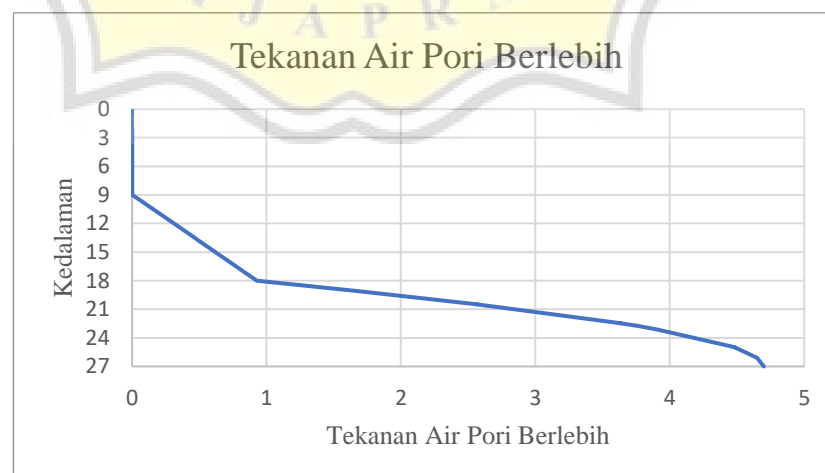
Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

merupakan bentuk pemodelan tekanan air pori berlebih saat mengami konsolidasi 90%.



Gambar 4.84 Tekanan Air Pori Berlebih Saat Terkonsolidasi 90%

Berdasarkan Gambar 4.84 bahwa tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 90% sebesar $4,69 \text{ kN/m}^2$. Nilai tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 90% ini mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan Gambar 4.82 dengan nilai $24,42 \text{ kN/m}^2$. Hal ini disebabkan karena mengalami proses konsolidasi, sehingga air yang berada di dalam tanah lunak akan keluar melalui tanah pasir dan menyebabkan tekanan air pori berlebih semakin kecil. Tekanan air pori berlebih tiap kedalaman diperlihatkan pada Gambar 4.85.



Gambar 4.85 Tekanan Air Pori Berlebih Pada Potongan A – A' Saat Terkonsolidasi 90%



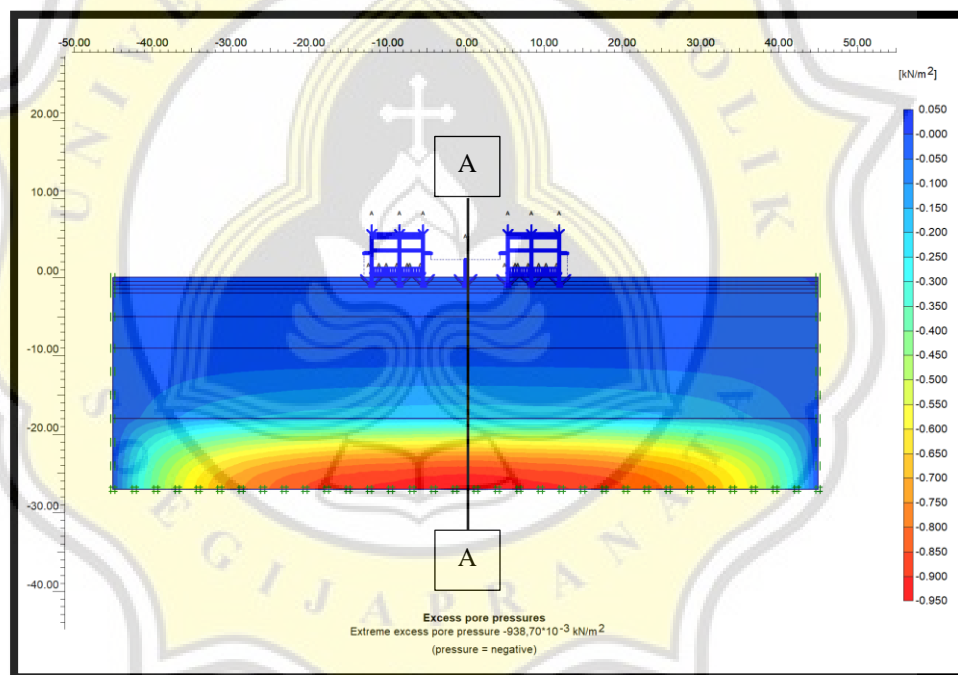
Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Berdasarkan Gambar 4.85 dapat diketahui bahwa tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 90% terbesar pada kedalaman 27 meter dengan nilai tekanan air pori berlebih sebesar $4,69 \text{ kN/m}^2$.

c. Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi 100%

Tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi sempurna (U_{100}) memiliki tekanan air pori berlebih yang mendekati 0. Dalam penelitian ini, tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi sempurna sebesar $0,93 \text{ kN/m}^2$. Hal ini diakibatkan karena proses konsolidasi yang dilakukan telah selesai. Air dalam tanah hampir sepenuhnya telah mengalami konsolidasi. Gambar 4.86 merupakan gambar tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi sempurna.



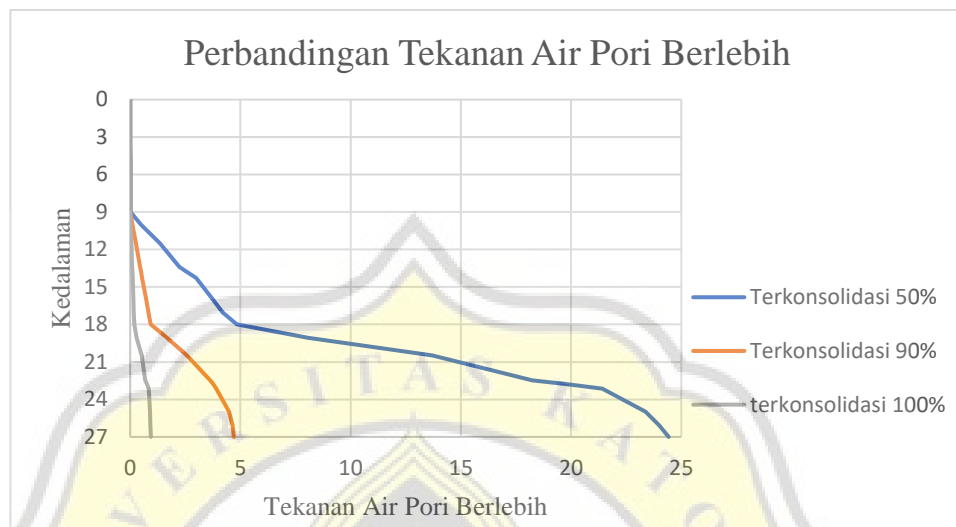
Gambar 4.86 Tekanan Air Pori Berlebih Saat Terkonsolidasi 100%

Pada Gambar 4.86 dapat diketahui bahwa tekanan air pori berlebih saat terkonsolidasi sempurna memiliki nilai $0,93 \text{ kN/m}^2$. Tekanan air pori berlebih ini mengalami penurunan kembali akibat dilakukan proses konsolidasi hingga waktu 6385 hari.

Penurunan konsolidasi sempurna ini jarang sekali diperhitungkan karena memakan waktu yang cukup lama dengan penurunan yang kurang signifikan apabila dibandingkan dengan konsolidasi 90%.



Perbandingan grafik tekanan air pori berlebih pada saat terkonsolidasi 50%, terkonsolidasi 90% dan terkonsolidasi 100% dapat dilihat pada Gambar 4.87.



Gambar 4.87 Perbandingan Grafik Tekanan Air Pori Berlebih

Berdasarkan Gambar 4.87 dapat diketahui bahwa nilai tekanan air pori berlebih akan selalu mengalami penurunan saat mengalami proses konsolidasi. Saat terkonsolidasi 50% tekanan air pori memiliki nilai 24,42 kN/m², dan saat tanah terkonsolidasi 90% maka tekanan air pori tersebut tersisa 4,69 kN/m², sedangkan saat terkonsolidasi sempurna maka tekanan air pori tersebut tersisa 0,93 kN/m².

4. Daya dukung tanah

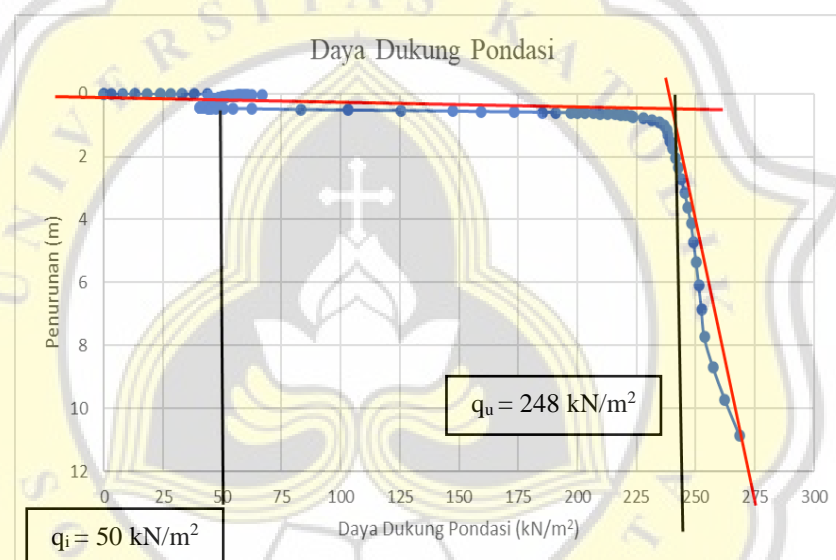
Daya dukung tanah pada pemodelan ini dibagi menjadi 2 tahap. Tahap 1 daya dukung tanah setelah konstruksi, dan tahap 2 daya dukung setelah konsolidasi. Nilai daya dukung dicari merupakan nilai daya dukung untuk pondasi dengan kedalaman pondasi 1,1 meter berdasarkan program PLAXIS.

Nilai dari daya dukung *ultimate* yang didapatkan berdasarkan grafik hubungan antara penurunan dan daya dukung pondasi pada hasil kalkulasi. Pengaturan kalkulasi untuk daya dukung tanah ini juga dilakukan 2 tahapan. Tahapan 1 pengaturan kalkulasi untuk daya dukung sebelum tahap konsolidasi, dan pengaturan kalkulasi pada tahap setelah konsolidasi yang diperlihatkan pada Gambar 4.42. Pembahasan mengenai daya dukung pondasi dijabarkan sebagai berikut:



a. Daya dukung pondasi sebelum konsolidasi

Perhitungan daya dukung pondasi sebelum konsolidasi dilakukan untuk mengetahui beban yang dapat ditahan oleh pondasi yang ditanam 1,1 meter di dalam tanah timbunan. Daya dukung pondasi yang diperhitungkan adalah daya dukung pondasi dan daya dukung ijin pondasi. Daya dukung dengan metode elemen hingga didapatkan berdasarkan Gambar 4.88 yang merupakan grafik hubungan antara penurunan konsolidasi dan daya dukung pondasi. Grafik Hubungan Penurunan dan Daya Dukung dengan Muka Air Tanah Naik 0,5 Meter diperlihatkan pada Lampiran C.7.



Gambar 4.88 Hubungan Daya Dukung Pondasi dan Penurunan

Gambar 4.88 merupakan grafik hubungan antara daya dukung pondasi dan penurunan pondasi. Penurunan pondasi yang digunakan adalah pondasi F dikarenakan pondasi F mengalami penurunan terbesar. Nilai daya dukung pondasi ultimate ini diambil sebesar 248 kN/m^2 . Hal ini disebabkan karena penambahan daya dukung setelah 248 kN/m^2 tidak terlalu signifikan dengan penambahan penurunan konsolidasinya, sehingga daya dukungnya setelah tahapan struktur atas berdiri adalah 248 kN/m^2 . Daya dukung pondasi dengan tinggi 0,5 meter dan lebar 1 meter yang ditanam di kedalaman 1,1 meter di bawah tanah timbunan daya dukung ijin sebesar 50 kN/m^2 yang didapatkan dari penurunan 2,5 cm, sehingga nilai faktor keamanan pondasi (FK) yang dapat ditahan oleh pondasi adalah sebagai berikut:



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

$$\begin{aligned} FK &= \frac{q_u}{q_i} \\ &= \frac{248}{50} \\ &= 4,96 \end{aligned}$$

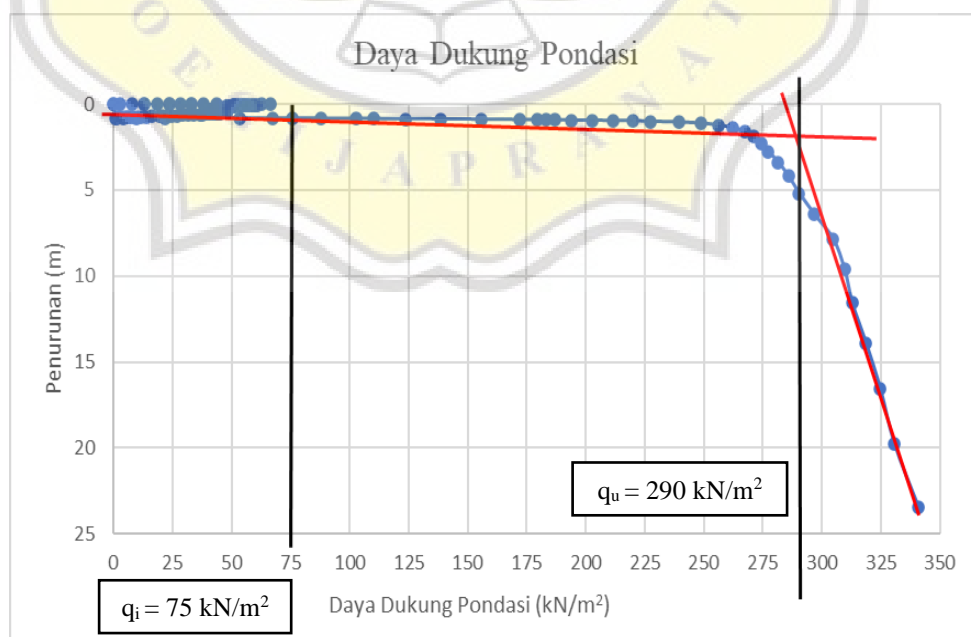
Sehingga beban maksimum yang diijinkan apabila tidak dilakukan proses konsolidasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_i &= q_i \times \text{Luas Permukaan Pondasi} \\ &= 50 \text{ kN/m}^2 (0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}) \\ &= 25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan daya dukung ijin dan beban ijin dapat diketahui bahwa beban yang diijinkan yang dapat ditahan pondasi sebesar 25 kN dengan luas pondasi 0,5 m².

b. Daya dukung pondasi setelah konsolidasi

Daya dukung pondasi setelah konsolidasi ini diperhitungkan untuk mengetahui nilai daya dukung pondasi setelah dilakukan proses konsolidasi. Gambar 4.89 yang merupakan grafik hubungan antara penurunan konsolidasi dan daya dukung pondasi.



Gambar 4.89 Hubungan Daya Dukung Pondasi dan Penurunan



Gambar 4.89 merupakan grafik hubungan antara daya dukung pondasi dan penurunan pondasi. Nilai daya dukung pondasi *ultimate* ini sebesar 290 kN/m². Hal ini disebabkan karena penambahan daya dukung setelah 290 kN/m² tidak terlalu signifikan dengan penambahan penurunan konsolidasinya. Daya dukung pondasi dengan tinggi 0,5 meter dan lebar 1 meter yang ditanam di kedalaman 1,1 meter di bawah tanah timbunan daya dukung ijin sebesar 75 kN/m² yang didapatkan dari 2,5 cm, sehingga nilai faktor keamanan pondasi (FK) yang dapat ditahan oleh pondasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \frac{q_u}{q_i} \\ &= \frac{290}{75} \\ &= 3,8 \end{aligned}$$

Sehingga beban maksimum yang diijinkan apabila dilakukan proses konsolidasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_i &= q_i \times \text{Luas Permukaan Pondasi} \\ &= 75 \text{ kN/m}^2 (0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}) \\ &= 37 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan daya dukung ijin dan beban ijin dapat diketahui bahwa beban yang diijinkan yang dapat ditahan pondasi sebesar 37 kN dengan luas pondasi 0,5 m².

4.4 Perbandingan Hasil Analisis Muka Air Asli dan Muka Air Naik 0,5 meter

Perbandingan hasil analisis muka air tanah asli dan muka air dan saat muka air tanah naik 0,5 meter akan memberikan dampak terhadap hasil penurunan konsolidasi dan daya dukung. Semakin air naik ke tanah timbunan maka penurunan tersebut akan semakin besar dan daya dukungnya juga akan semakin rendah dengan nilai faktor keamanan pondasi semakin besar. Ini disebabkan karena air lebih mendekati pondasi. Tabel 4.16 akan menjelaskan mengenai perbandingan penurunan



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

konsolidasi dengan muka air pada kedalaman 2 meter dan muka air pada kedalaman 1,5 meter.

Tabel 4.16 Perbandingan Hasil Penurunan Konsolidasi

Terkonsolidasi	Besarnya Penurunan Konsolidasi Total	
	Muka Air Tanah = 2 meter	Muka Air Tanah = 1,5 meter
50%	68,72 cm	69,61 cm
90%	77,26 cm	78,50 cm
100%	78,95 cm	80,36 cm

Berdasarkan Tabel 4.16 dapat diketahui bahwa muka air tanah pada kedalaman 1,5 meter penurunan konsolidasinya lebih besar dibandingkan dengan kedalaman 2 meter. Semakin tinggi muka air tanah maka penurunan konsolidasi akan semakin besar dan akan memperkecil nilai daya dukung pada pondasi. Semakin tinggi muka air tanah maka semakin kurang baik untuk bangunan, hal ini disebabkan karena akan memperlemah daya dukung dan meningkatkan *safety factor* yang cukup besar dan akan memakan waktu yang lebih panjang untuk melakukan penurunan konsolidasi. Perbandingan penurunan konsolidasi dengan muka air tanah yang berbeda diperlihatkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perbandingan Waktu Konsolidasi

Terkonsolidasi	Waktu Penurunan Konsolidasi	
	Muka Air Tanah = 2 meter	Muka Air Tanah = 1,5 meter
50%	1856 hari	1877 hari
90%	3919 hari	4009 hari
100%	6333 hari	6385 hari

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat diketahui bahwa semakin tinggi muka air tanah maka waktu yang dibutuhkan untuk tahap konsolidasi akan semakin besar, hal ini dikarenakan air yang berada di dalam tanah memiliki volume air yang lebih besar, sehingga memerlukan waktu yang lebih lama, diperlihatkan bahwa waktu yang diperlukan untuk tahap konsolidasi hingga terkonsolidasi 90% adalah 3919 hari atau 10 tahun lebih 8 bulan, sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk terkonsolidasi 90% dengan muka air tanah 1,5 meter memerlukan waktu 10 tahun lebih 10 bulan. Hal ini akan mengakibatkan daya dukung pondasi menjadi lemah, perbandingan daya dukung pondasi diperlihatkan pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19.



Tugas Akhir

Interpretasi Hasil CPTu Untuk Menghitung Penurunan Konsolidasi Primer dan Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Proyek Perumahan Mutiara Arteri di Jl. Gajah Raya, Kota Semarang)

Tabel 4.18 Perbandingan Hasil Daya Dukung Sebelum Konsolidasi

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

Tabel 4.19 Perbandingan Hasil Daya Dukung Setelah Konsolidasi

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

Berdasarkan Tabel 4.18 dan Tabel 4.19 dapat diketahui bahwa semakin tinggi muka air tanah maka daya dukung yang diijinkan akan semakin kecil dengan nilai *safety factor* yang semakin besar, sehingga beban yang dapat ditahan oleh pondasi akan semakin kecil. Hal ini tidak baik untuk bangunan. Daya dukung pondasi akan meningkat apabila dilakukan tahap konsolidasi. Nilai angka kemanan akan lebih kecil apabila dilakukan konsolidasi, sehingga beban ijin yang dipikul oleh tiap pondasi juga akan meningkat dan membuat bangunan rumah/ruko perumahan mutiara arteri di cluster C yang berdiri diatas tanah tersebut akan lebih aman dari kerusakan struktur.