

Kajian Studi Pondasi Tiang Pancang Di Smpn 18 Balikpapan Menggunakan Software Plaxis 2D

Dody Bimantara Daksa¹, Achmad Munajir², Maraden Panjaitan³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: ¹dodaxa1@gmail.com, ²munajir@untag-smd.ac.id, ³maradenpanjaitan27@gmail.com

Artikel Informasi

Riwayat Artikel

Diterima, 15 November 2022

Direvisi, 06 Desember 2022

Disetujui, 17 Desember 2022

Kata Kunci:

SPT, Pondasi tiang pancang, beban aksial, plaxis, tegangan efektif, transfer beban, safety factor (SF)

Keywords:

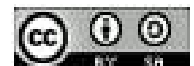
SPT, pile foundation, axial load, plaxis, effective stress, load transfer, safety factor (SF).

ABSTRAK

Secara umum pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban luar yang bekerja pada bangunan ke kedalaman tanah yang mencukupi daya dukungnya dan penurunannya memenuhi persyaratan. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis perilaku tiang pancang dengan metode elemen hingga menggunakan *software plaxis*. Hasil analisa tegangan efektif menggunakan *software plaxis* pada analisa transfer beban terlihat perilaku tiang pancang pada kedudukan tersebut sebagian besar beban tiang akan didukung oleh gesekan tiang hingga tahanan dinding menjadi maksimum dan sebagian beban tiang akan didukung oleh tahanan ujung bawah tiang. Semakin bertambah beban di atasnya besar deformasi vertikal mengalami kenaikan dan beban sebesar 140% faktor keamanan berada di atas SF 3, sedangkan beban sebesar 160% sampai 200% mengalami *bearing failure* atau *colaps*. Berdasarkan hasil uji SPT, tanah pada titik *Borehole* (BH) 01 merupakan klasifikasi lempung plastisitas rendah, lempung berlanau dan lempung berpasir "CL" yang mempunyai sudut gesek dalam (ϕ) yang tinggi mengakibatkan perilaku pondasi ditahan oleh daya selimut ultimit, apabila bebannya semakin besar maka akan di transfer ke bawah yang lebih dalam.

ABSTRACT

In general, the foundation is defined as an underground structure that transmits loads originating from the weight of the building itself and external loads acting on the building to a depth of soil that is sufficient for its carrying capacity and settlement to meet the requirements. The purpose of this study was to analyze the behaviour of piles using the finite element method using plaxis software. The results of effective stress analysis using plaxis software in the load transfer analysis show that the behaviour of the pile at that position, most of the pile load will be supported by pile friction until the wall resistance becomes maximum and some of the pile load will be supported by the pile bottom end resistance. As the load increases above it, the vertical deformation increases and the load is 140% the safety factor is above SF 3, while the load is 160% to 200% experiencing bearing failure or collapse. Based on the results of the SPT test, the soil at Borehole (BH) 01 is classified as low plasticity clay, silty clay and sandy clay "CL" which has a high internal friction angle (ϕ) resulting in the behaviour of the foundation being held back by the ultimate blanketing force, if the load is greater then it will be transferred down deeper.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Penulis Korespondensi:

Dody Bimantara Daksa

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: dodaxa1@gmail.com

PENDAHULUAN

Pembangunan suatu konstruksi pertama-tama sekali yang dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah) baru kemudian melaksanakan struktur atas. Secara umum pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban luar yang bekerja pada bangunan ke kedalaman tanah yang mencukupi daya dukungnya dan penurunannya memenuhi persyaratan.

Pemilihan jenis dan desain bentuk pondasi tergantung pada jenis lapisan tanah yang ada di bawahnya. Apabila lapisan tanah tersebut keras maka daya dukung tanah tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang ada, tetapi bila tanah lunak maka diperlukan penanganan khusus agar mempunyai daya dukung yang baik. Hal ini memerlukan studi yang lebih terperinci terhadap sifat dan kondisi dasar tanah.

Permasalahan geoteknik terkait identifikasi longsor di SMPN 18 Kota Balikpapan adalah terjadinya kelongsoran. Sehingga saat ini muncul kerusakan yang terjadi berupa tanah ambles serta longsor pada lapisan tanah dasar yang cukup dalam sehingga struktur bangunan yang berdiri di atasnya mengalami kerusakan seperti retak pada kolom dan dinding. Untuk memperbaiki serta menjamin stabilitas struktur maka perlu dilakukan rekayasa geoteknik berupa teknologi perkuatan pondasi dengan menggunakan bahan perkuatan yang dimodelkan menggunakan program Plaxis.

Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas, yang terletak di atas batuan dasar. Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 1992). Istilah pasir, lempung, lanau ataupun lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Seperti tanah lempung yang memiliki sifat kohesif dan plastis, dan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

Pondasi Tiang

Menurut Hardiyatmo (2020) pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan apabila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin. Tiang-tiang juga digunakan untuk menahan gaya-gaya lateral yang diakibatkan oleh gaya-gaya horizontal. Oleh karena itu pondasi tiang dapat digunakan untuk beberapa maksud, antara lain :

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi mampu memberikan dukungan yang cukup oleh gesekan dinding tiang dengan tanah di sekitarnya.
3. Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan *hidrostatik* atau momen penggulingan.
4. Untuk menahan gaya-gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring.

5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut menjadi bertambah lebih tinggi.
6. Untuk mendukung bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air.

Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ujung tiang, maka diperlukan suatu angka pembagi kapasitas ultimit yang disebut dengan faktor aman (keamanan) tertentu. Faktor keamanan ini perlu diberikan dengan maksud :

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan;
2. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah;
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja;
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi;
5. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.

Sehubungan dengan alasan butir (d) dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban kerja (*working load*) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5.

Plaxis

Plaxis adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat, sedangkan berbagai fasilitas yang tersedia dapat digunakan untuk menampilkan hasil komputasi secara mendetil. Proses perhitungannya sendiri sepenuhnya berjalan secara otomatis dan didasarkan pada prosedur numerik yang handal.]

METODE PENELITIAN

Data dalam penelitian ini meliputi :

Terdiri dari data primer yang didapat dari proyek pembangunan di SMPN 18 Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Dari data penyelidikan tanah diperoleh parameter tanah berupa berat volume (γ) baik gamma saturated maupun gamma unsaturated, permeabiliti arah x (k_x) dan arah y (k_y), modulus young (E) dan poisson's ratio (ν), *cohesi* (c), sudut gesek dalam (ϕ). Kemudian data tersebut diinput pada program Plaxis.

Permodelan lapisan tanah

Permodelan lapisan tanah di analisa dengan menggunakan permodelan yang terdapat di dalam program Plaxis. Data Tanah Permodelan diambil dari data tanah proyek.

Permodelan tiang pancang

Permodelan tiang tunggal di analisa dengan model *plane strain*, Dari segi pembebanan tiang tunggal yang dimana beban yang akan dimasukkan ke dalam program plaxis setiap kenaikan 1000 kN. Input ke dalam plaxis (menggunakan *plate elements*, kemudian parameter *tiang* berupa EI, EA, deq, dan w diinputkan) dengan menggunakan model tiang *elastic linear* dan Kemudian permodelan group tiang dibuat dengan memodelkan baris *plane* dari tiang disederhanakan sebagai *wall elements* atau disebut *plane strain* tiang.

Penerapan model

Diawali dengan permodelan *tiang tunggal*. Setelah dilakukan permodelan selanjutnya ditentukan kondisi batas. Kondisi batas dilakukan untuk menghindari perpindahan geometri yang tidak dapat dipastikan. Selanjutnya dilakukan input *properties plate elements* dan parameter material tanah. Untuk lapisan tanah yang akan dimasukan parameter tanah sesuai dengan data penyelidikan tanah yang ada. Dan untuk *tiang tunggal* akan dimodelkan menggunakan *plate element* dengan material beton. Kemudian untuk pembebanan dilakukan beban setiap 1000 kN. Apabila permodelan *input* selesai, maka dapat dihasilkan model elemen hingga pada *mesh generation*. Dimana Plaxis secara otomatis mentransformasikan input data ke dalam *mesh* elemen hingga yang dihasilkan. Sebelum masuk ke tahap perhitungan, *initial condition* (kondisi awal) harus dihasilkan dengan memasukan nilai berat jenis air yaitu 10 KN/m³. Kemudian dilakukan tahap perhitungan. Pada perhitungan dilakukan beberapa tahap dengan analisis plastis. Selanjutnya dapat dihasilkan *output* program berupa *deformasi mesh* dan *vertical displacement*.

Validasi model

Tindakan pembuktian dengan cara yang sesuai, dimana tiap proses, prosedur atau mekanisme yang digunakan dalam pembuatan model dan memasukan parameter tanah yang tepat akan mampu mencapai hasil yang diinginkan. |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah

Sebagai hasil penelitian dari penyelidikan di laboratorium dari pemeriksaan sifat-sifat fisik tanah maka didapat parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan jenis tanah yang telah diperiksa.

Tabel 1 hasil uji karakteristik tanah

No.	Karakteristik	Hasil		
		0-2.5 m	2.5-6 m	6-10 m
1	Kadar air (ω)	35.193%	24.551%	20.113%
2	Berat jenis (G_s)	2.561	2.59	2.65
3	Angka pori (e)	1.081	0.950	0.812
4	Persen lolos saringan No. 200	59.61%	45.66%	44.11%
5	Batas cair (LL)	49.51%	31.21%	31.33%
6	Batas Plastis (PL)	27.90%	20.10%	20.11%
7	Indeks Plastis (IP)	21.61%	13.10%	11.22%

Berdasarkan **persamaan 2.11** untuk mencari nilai berat volume tanah jenuh (γ_{sat}) pada lapisan tanah dasar dari hubungan antara berat antara volume, angka pori, kadar air dan berat jenis sebagai berikut:

$$\frac{W}{V} (\gamma_{sat}) = \frac{Ws + Ww}{V} = \frac{Gsyw + ew}{1 + e} = \frac{(Gs + e)\gamma_w}{1 + e}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \left(\frac{2.561}{1} + \frac{1.081}{1.081} \right) \cdot 1 \\ &= \frac{3.642}{2.081} \\ \gamma_{sat} &= 1.75 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

Berikut hasil perhitungan berat volume tanah jenuh dalam bentuk tabel.

Tabel 2 Hasil perhitungan berat volume jenuh

Lapisan	1	2	3	Satuan
Gs	2.561	2.590	2.650	
e	1.081	0.950	0.812	
γ_{sat}	1.750	1.815	1.911	gr/cm ³
γ_{sat}	17.163	17.803	18.737	kN/m ³

Pemeriksaan Distribusi Ukuran Butiran

Tabel 3 hasil pengujian analisa saringan

No. Saringan	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Jumlah berat (gram)	% Kumulatif	
				Tertahan	Lolos
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	9.00	9.00	2.46	97.54
4	4.750	11.00	20.00	5.46	94.54
8	3.360	13.00	33.00	9.01	90.99
10	2.000	4.00	37.00	10.10	89.90
40	0.425	23.00	60.00	16.38	83.62
100	0.150	54.00	114.00	31.11	68.89
200	0.075	34.00	148.00	40.39	59.61
Pan		218.40		0.00	100
Berat total (gr)		366.4			

Dari hasil analisis pengayakan, tanah lolos pengayakan No. 200 = 59,61%, tanah ini dapat diklasifikasikan dalam kelompok tanah berbutir halus berdasarkan tabel klasifikasi USCS.

Pemeriksaan Konsistensi Tanah

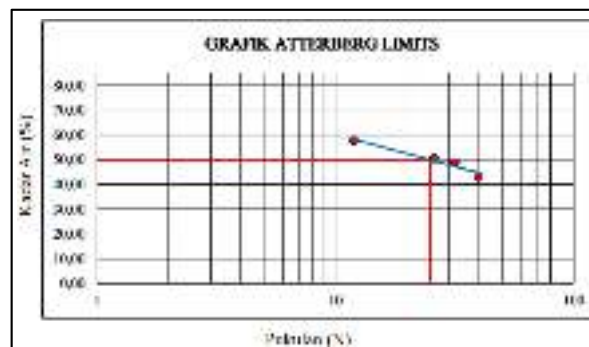
Tabel 4 hasil pengujian konsistensi tanah batas cair (*Liquid limit*)

Pukulan (N)	Satuan	12	26	32	40				
No. Cawan	(gr)	37	9	H6	B6	D5	Y7	1	14
Berat cawan	(gr)	3.71	3.52	3.52	3.55	3.63	3.65	3.73	3.56
Berat cawan + Tanah basah	(gr)	10.37	10.18	10.27	10.30	10.42	10.45	10.39	10.22
Berat cawan + Tanah kering	(gr)	7.84	7.85	8.00	8.05	8.20	8.22	8.30	8.32
Berat tanah kering	(gr)	4.13	4.33	4.48	4.50	4.57	4.57	4.57	4.76
Berat air	(gr)	2.53	2.33	2.27	2.25	2.22	2.23	2.09	1.90
Kadar air	(%)	61.26	53.81	50.67	50.00	48.58	48.80	45.73	39.92
Kadar air rata-rata	(%)	57.53		50.33		48.69		42.82	

Tabel 5 hasil pengujian konsistensi tanah batas cair (*Liquid limit*)

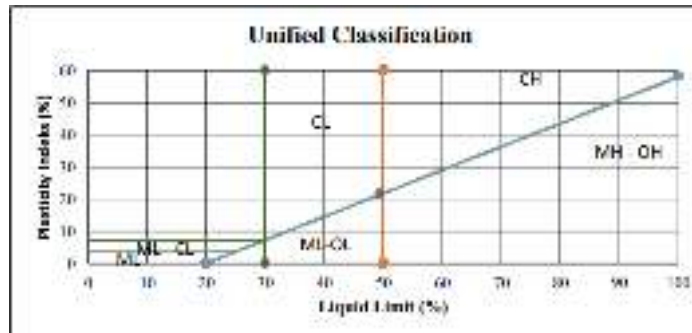
No. Cawan	(gr)	44	26
Berat cawan	(gr)	4.20	4.00
Berat cawan + Tanah basah	(gr)	4.43	24.00
Berat cawan + Tanah kering	(gr)	4.38	4.44
Berat tanah kering	(gr)	0.18	4.40
Berat air	(gr)	0.05	0.16
Kadar air	(%)	29.21	0.04
Kadar air rata-rata	(%)	27.90	

Liquid Limit, LL	=	49,51	%
Plastis Limit, PL	=	27,90	%
Indeks Plastisitas, IP	=	21,61	%



Gambar 4.1 grafik pengujian batas cair tanah

Tabel sistem klasifikasi USCS dari batas cair dan data indeks plastisitas diplot pada grafik plastisitas untuk memberikan identifikasi yang lebih spesifik dari tanah. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.2. Klasifikasi tanah.



Gambar 4.2 Diagram plastisitas, *Cassagrande*

Dalam menentukan klasifikasi tanah, digunakan sistem USCS (*Unified Soil Classification System*) berdasarkan hasil analisis butir yang dilakukan di laboratorium.

Tabel 6 sistem klasifikasi

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis		Nama Jenis		
Tanah berbutir kasar 50% terdapat saringan no.200 (0,0075mm)	Kerikil berbutir (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, atau sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran halus			
	Kerikil berbutir mengandung butiran halus	GM	Kerikil berlanas, campuran kerikil pasir-lempung		Batu-batu Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Batu-batu Atterberg berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung		Batu-batu Atterberg di atas garis A atau PI > 7	
	Pasir berbutir kasar 50% terdapat saringan no.4 (0,25mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus			
Pasir berbutir kasar 50% terdapat saringan no.4 (0,25mm)	SM	Pasir berlanas, campuran pasir-lempung	Batu-batu Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Batu-batu Atterberg berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol		
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Batu-batu Atterberg di atas garis A atau PI > 7			
Tanah berbutir kasar 50% terdapat saringan no.200 (0,0075mm)	Lempung dan lempung butiran kasar 50% atau kurang	ML	Lempung tak organik dan pasir sangat halus, sedikit butiran atau pasir berlanas atau berlempung			
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanas, lempung kasar (lean clays)			
		OL	Lempung tak organik dan lempung berbutir organik dengan plastisitas rendah			
	Lempung dan lempung butiran kasar >50%	MH	Lempung tak organik atau pasir halus disosiasi, lempung elastis			
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)			
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pe	Gambut (peat) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

Setelah dilakukan klasifikasi terhadap tanah, maka jenis tanah yang diteliti merupakan klasifikasi CL yaitu lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang

lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus “Lean Clays”.
Sifat Mekanis Tanah

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium, maka berikut ini adalah rangkuman hasil sifat mekanis tanah:

Tabel 7 Hasil uji mekanis tanah

No.	Mekanis Tanah	Satuan	Nilai		
			0-2,5m	2,5-6 m	6-20m
1	Uji Konsolidasi				
	Angka pori	cm ² /detik	0.6407	0.346	0.328
	Compression Index (Cc)		0.3741	0.256	0.221
	Coef. of consolidation (Cv)		0.0019	0.001	0.002
	Permeability (k)	cm/detik	6.16E-07	4.19E-06	2.01E-06
2	Uji Triaxial				
	Cohesion (c)	kg/cm ²	0.127	0.11	0.082
	Sudut geser dalam (ϕ)	°	19.12	25.14	31.51

Poisson’s Rasio

Rasio Poisson ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan Poisson. Nilai Poisson’s ratio dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah, seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8 Hubungan Jenis Tanah dan Poison Rasio

Jenis Tanah	ν (Poisson Rasio)
Lempung jenuh	0,4-0,5
Lempung tak jenuh	0,1-0,3
Lempung berpasir	0,2-0,3
Lanau	0,3-0,35
Pasir	0,1-1
Batuan	0,1-0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3-0,4

(Sumber M.Das (1995))

Tanah dasar dalam kajian pondasi ini berupa tanah lempung, sehingga nilai ν berdasarkan tabel di atas terletak pada jarak 0,10-0,50. Untuk kajian analisis pondasi ditentukan besarnya nilai ν diambil rata-rata sebesar 0,3.

Modulus Young

Nilai Modulus Young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah. Nilai Modulus elastisitas (E_s) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah.

Tabel 9 Perkiraan Modulus Young (Bowles, 1977)

Jenis Tanah	E (Kg/cm ²)
LEMPUNG	

· Sangat lunak	3 - 30
· Lunak	20 - 40
· Sedang	45- 90
· Berpasir	300-425
PASIR	
· Berlanau	50-200
· Tidakpadat	100-250
· Padat	500-1000
PASIR DAN KERIKIL	
· Padat	800-2000
· Tidak padat	500-1400
LANAU	20-200
LOSES	150-600
CADAS	1400-14000

Nilai modulus elastisitas tanah dapat diukur dari korelasi hasil uji bor yang menunjukkan jenis tanah pada kedalaman 0-2,5 meter adalah tanah lempung lunak, kedalaman 2,5-5 merupakan tanah lempung sedang dan kedalaman 5-20 meter merupakan tanah keras.

Tabel 10 parameter *Mohr Coloumb* yang digunakan dalam input program Plaxis 2D

No	Deskripsi	Simbol	Satuan	Lapisan Tanah		
				Lempung (0-2.5m)	Lempung (2.5-6m)	Lempung (6- 20m)
1	Berat Jenis Tanah Jenuh	γ_{unsat}	kN/ m ³	16.63	16.77	16.96
2	Berat Jenis Tanah Tidak Jenuh	γ_{sat}	kN/ m ³	17.16	17.80	18.73
3	Permeabi litas Arah x Horisontal	k_x	m/day	0.00053	0,0036	0,0017
4	Permeabi litas Arah y Vertikal	k_y	m/day	0.00053	0,0036	0,0017
5	Modulus Elastisitas	E_{ref}	kN/m ³	22.000	30.000	40.000
6	<i>Poisson Ratio</i>	ν_{nu}		0,3	0,3	0,3
7	Kohesi Tanah	C_{ref}	kN/ m ²	12	10,78	8,04
8	Sudut Gesek Dalam	Φ	o	19.12	25,14	31,51
9	Sudut Dilatasi	Ψ	o	0	0	0

Nilai-nilai parameter diatas akan dimasukkan ke dalam program input Plaxis dan akan dianalisis dengan pemodelan *Mohr-Coulomb*.

Pemilihan tersebut dilakukan dengan tujuan agar didapatkan jenis penurunan yang terjadi pada pondasi yang dibangun di atas tanah lempung lunak, besar penurunan vertikal dan tegangan total yang terjadi.

Desain Pondasi

Dalam melakukan analisis pondasi digunakan beban aksial yang bekerja diasumsikan sebesar 1.471 kN.

Pemodelan pondasi

Dalam melakukan kajian studi perilaku pondasi untuk pengembangan bangunan gedung 2 lantai menjadi 5 lantai diasumsikan beban aksial sebesar 150 ton per poer plat, penggunaan pondasi disesuaikan dengan besarnya beban, kondisi atau lingkungan dan lapisan tanah.

Berdasarkan hasil pengujian sondir keadaan tanah di bawah permukaan terdiri dari lapisan pasir berlempung lunak hingga medium, konsistensi tanah meningkat hingga kedalaman 6 meter di jumpai lapisan tanah keras.

Pengaruh pemancangan dalam tanah kohesif (lempung dan lanau) sangat berbeda dengan apa yang terjadi pada tanah pasir. Pemancangan tanah di dalam tanah kohesif, biasanya akan mengakibatkan kenaikan permukaan tanah di sekitar tiang, yang diikuti konsolidasi tanah. Deformasi akibat pemancangan dapat mempengaruhi struktur yang ada di sekitarnya dan dapat mengakibatkan tiang yang sudah lebih dulu dipancang terangkat ke atas akibat pemancangan sesudahnya. Dalam kondisi ini dipertimbangkan untuk menggunakan pondasi tiang dengan jenis pancang.

Menghitung kapasitas daya dukung ultimit tiang pancang berdasarkan Plaxis V20

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang pada bagian ini dihitung dengan menggunakan bantuan *software* Plaxis. Daya dukung ultimit yang akan dihitung adalah daya dukung aksial. Pemodelan tanah yang diterapkan yaitu.

Pemodelan geometri *Aximmetry*, dimana kondisi awal digambarkan setengah yang sudah mewakili sisi yang lain karena dianggap simetris dan juga secara pemodelan tanah *Mohr-Coulomb*.

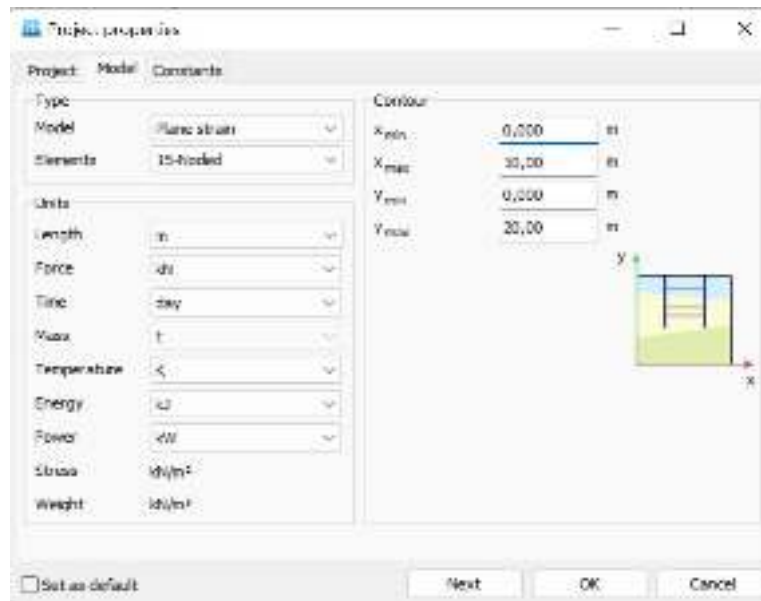
Tabel 11 Data tiang

No.	Keterangan	Nilai
1	Lokasi	Borehole 01
2	Jenis pondasi	Tiang pancang
3	Diameter (m)	0,4
4	Panjang (m)	12
5	Luas penampang (m ²)	0,125
6	Modulus elastis(EP) (MPa)	36.000.000
7	Momen inersia (m ⁴)	0,006359
8	Berat jenis γ (kN/m ³)	24
9	EA (kN/m)	103.831.64,54
10	EI (kNm ² /m)	233.427,29
11	Angka <i>poissons</i> rasio (μ)	0,15




Pemodelan pada software plaxis

Tahapan-tahapan pemasukan data ke dalam *software* plaxis V.20 adalah sebagai berikut:

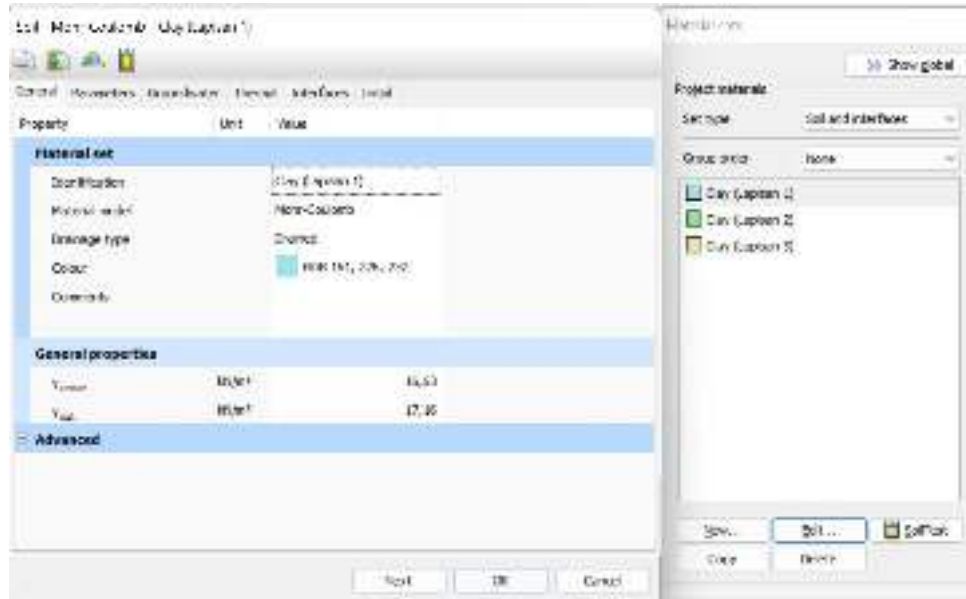
1. Merencanakan parameter dasar dari model elemen hingga di jendela *general settings*.



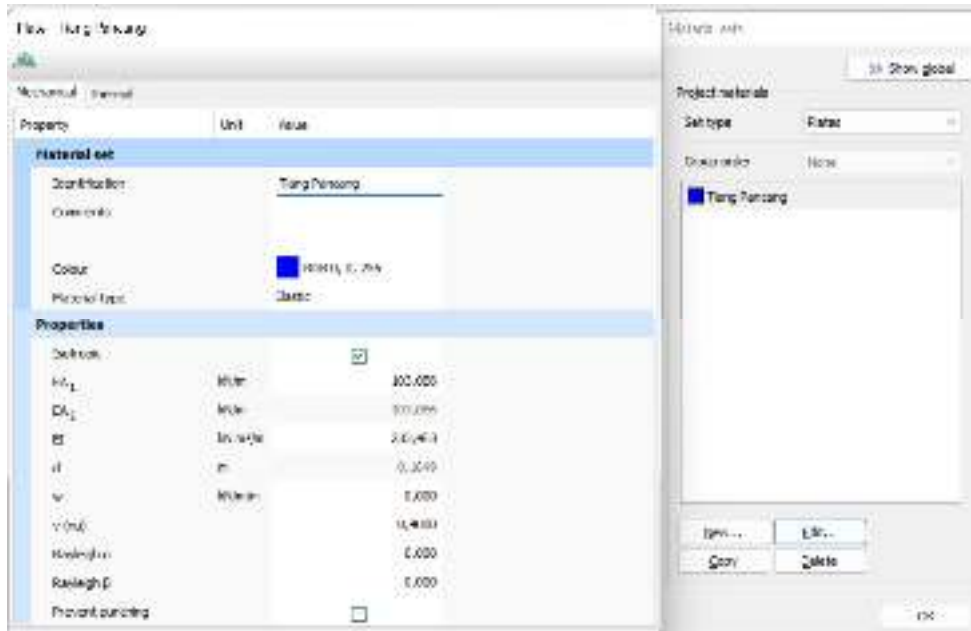
Gambar 3 Lembar *general settings* pada program *plaxis*

2. Pemodelan tanah digambar menggunakan garis geometri, diambil kedalaman 20 m (kedalaman *Bore Hole 1*) yang terdiri dari beberapa *layer* dengan ketebalan tertentu.
3. Kemudian gambarkan dinding diafragma sebagai pile dengan cara menggunakan tombol pelat, lalu gunakan tombol  *interface* untuk memisahkan kekakuan lebih dari satu elemen, yaitu kekakuan antara tanah dan pile. 
4. Setelah itu gambarkan beban permukaan, yaitu sistem beban A-beban terpusat dengan menggunakan  , kemudian *input* nilai bebannya dengan mengklik ujung beban yaitu sebesar 1475,5 kN
5. Untuk membentuk kondisi batas, klik tombol jepit standar (*standard fixities*)
6. Kemudian masukkan data material dengan menggunakan tombol material set. Untuk data tanah, pilih *soil & interface* pada *set type*, sedangkan data *driven pile* pilih plates pada *set type*. Setelah itu seret data-data yang telah diinput ke dalam pemodelan geometri awal, seperti pada Gambar 4.4.

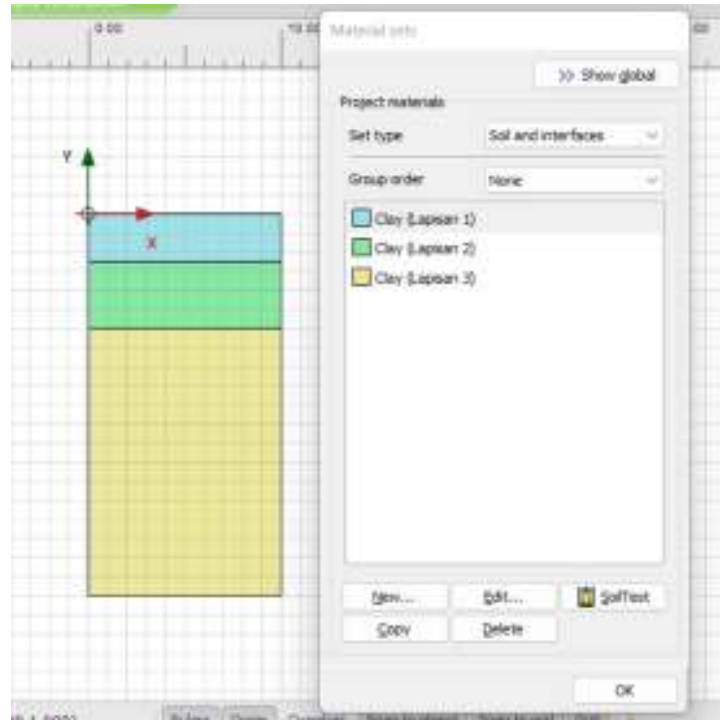
(a)




(b)

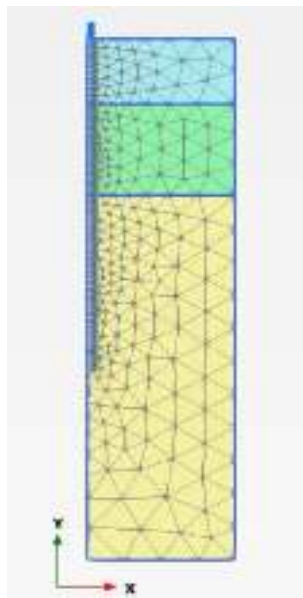


(c)



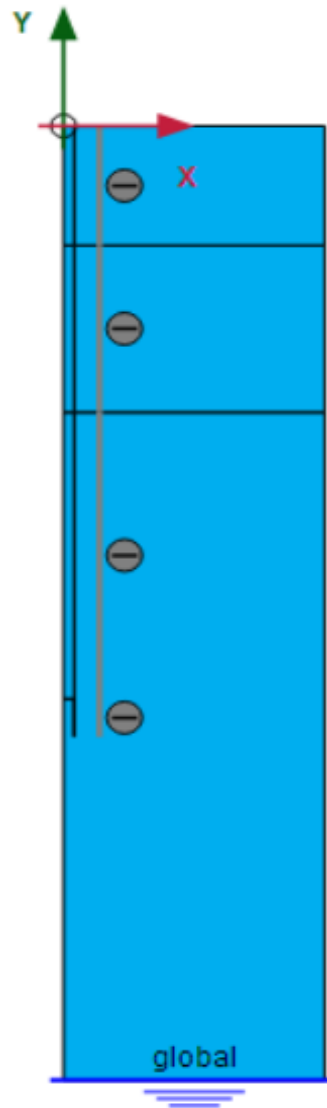
Gambar 4 *Input data material set; (a) Data lapisan tanah (b) Data Tiang (c) Data material dimasukkan ke pemodelan*

7. Kemudian klik  *generate mesh* untuk membagi-bagi elemen menjadi beberapa bagian yang beraturan sehingga mempermudah dalam perhitungan lalu klik *update*.



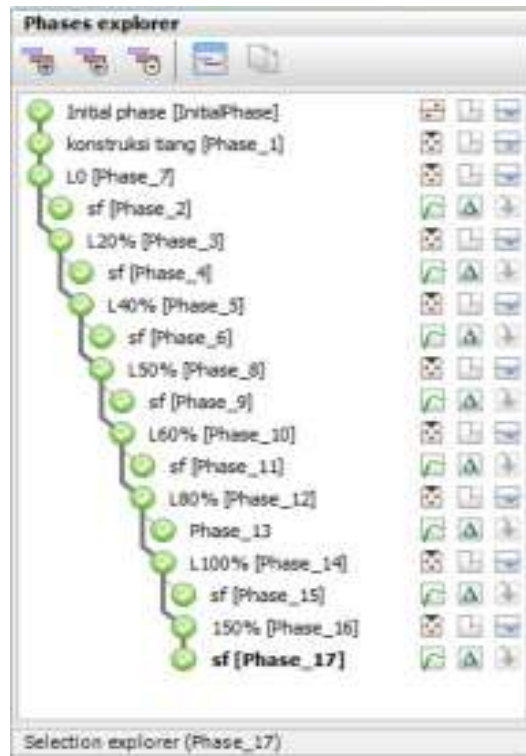
Gambar 5 Hasil *generate mesh*

8. Kemudian klik tombol *initial conditions* untuk memodelkan muka air tanah. Klik pada tombol *phreatic level* untuk menggambarkan kedalaman muka air tanah.




Gambar 6 *Initial water pressure* pada program Plaxis

9. Kemudian klik tombol *generate water pressure* untuk mendefenisikan tekanan air tanah. Lalu setelah muncul diagram *active pore pressures*, klik *update*, maka akan kembali ke tampilan *initial water pressure*, lalu klik *initial pore pressure*, dan *generate pore pressure* maka akan muncul diagram untuk *effective stresses*, klik *update* lalu *calculate*.
10. Dalam *window calculations* terdapat beberapa fase yang akan dikerjakan otomatis oleh Plaxis dari awal hingga akhir pemodelan.



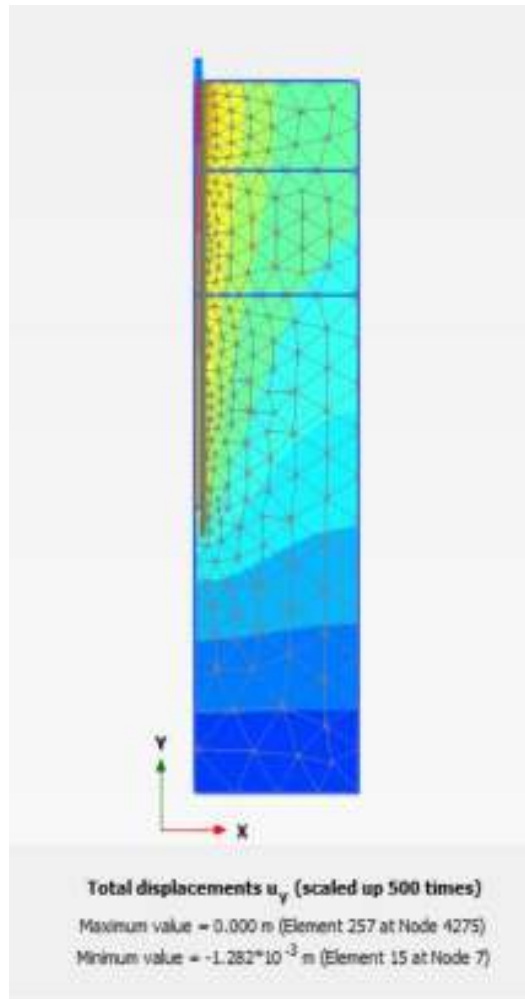
Gambar 7 Calculations pada program Plaxis

11. Kemudiann klik  *calculate* untuk melakukan perhitungan dengan otomatis pada program. Perhitungan yang telah selesai ditandai dengan tanda centang berwarna hijau pada setiap fase di *window calculations*.
12. Setelah perhitungan telah selesai, akan diperoleh nilai ΣMsf dari kotak dialog *Phi/c reduction* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 8 Hasil kalkulasi dan besar ΣMsf

Dari **gambar 8** hasil perhitungan menggunakan *software* plaxis 2d, didapat *safety factor* (SF) tiang sebesar 4,626.



Gambar 9 Hasil penurunan

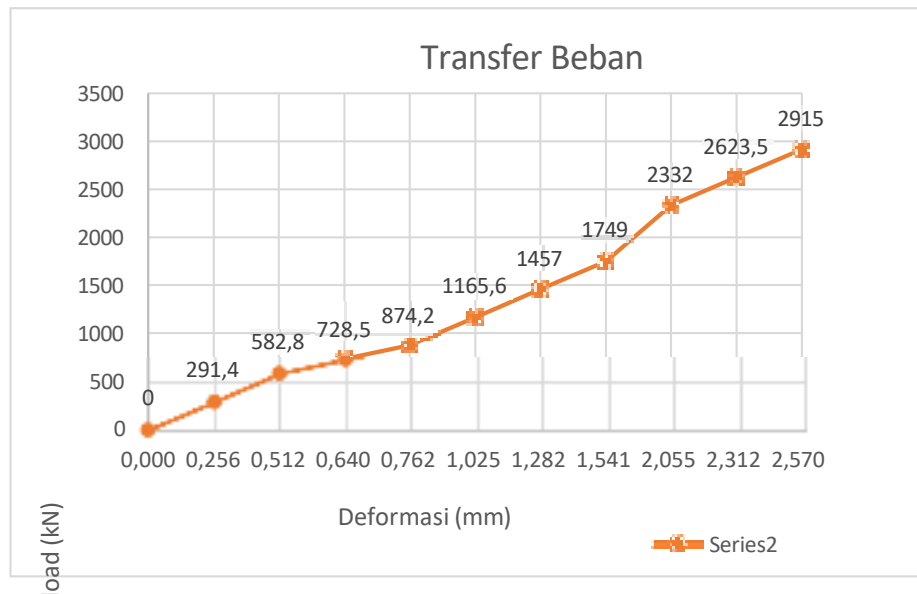
Dari **gambar 9** hasil perhitungan menggunakan *software* plaxis 2d, didapat penurunan tiang sebesar 1,382 mm.

Berdasarkan hasil transfer beban yang bekerja maka penurunan dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 12 Hasil Penurunan Tiang

Transfer Beban					
Tahapan	Diameter m	Luas m ²	%	P (kN)	S (mm)
Tahapan pembebanan	0.4	1.256	0	0	0.000
	0.4	1.256	20%	291.4	0.256
	0.4	1.256	40%	582.8	0.512
	0.4	1.256	50%	728.5	0.640
	0.4	1.256	60%	874.2	0.762

0.4	1.256	80%	1165.6	1.025
0.4	1.256	100%	1457	1.282
0.4	1.256	120%	1749	1.541
0.4	1.256	160%	2332	2.055
0.4	1.256	180%	2623.5	2.312
0.4	1.256	200%	2915	2.570






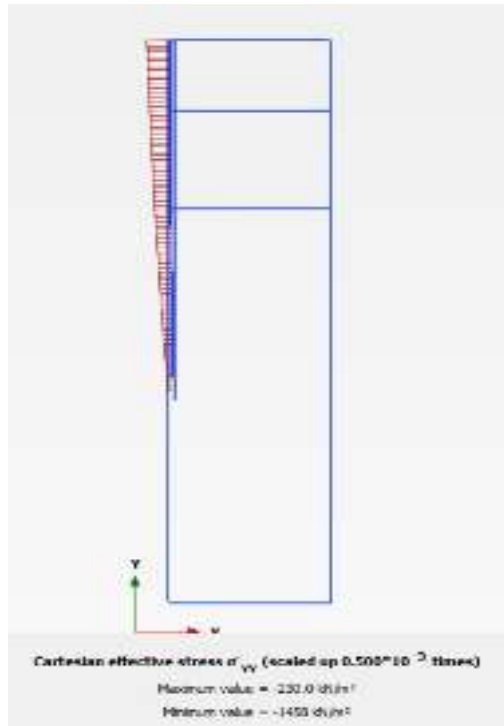
Gambar 10 grafik penurunan tiang

Dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang bekerja pada tiang maka besar pula penurunan yang terjadi.

Transfer Beban

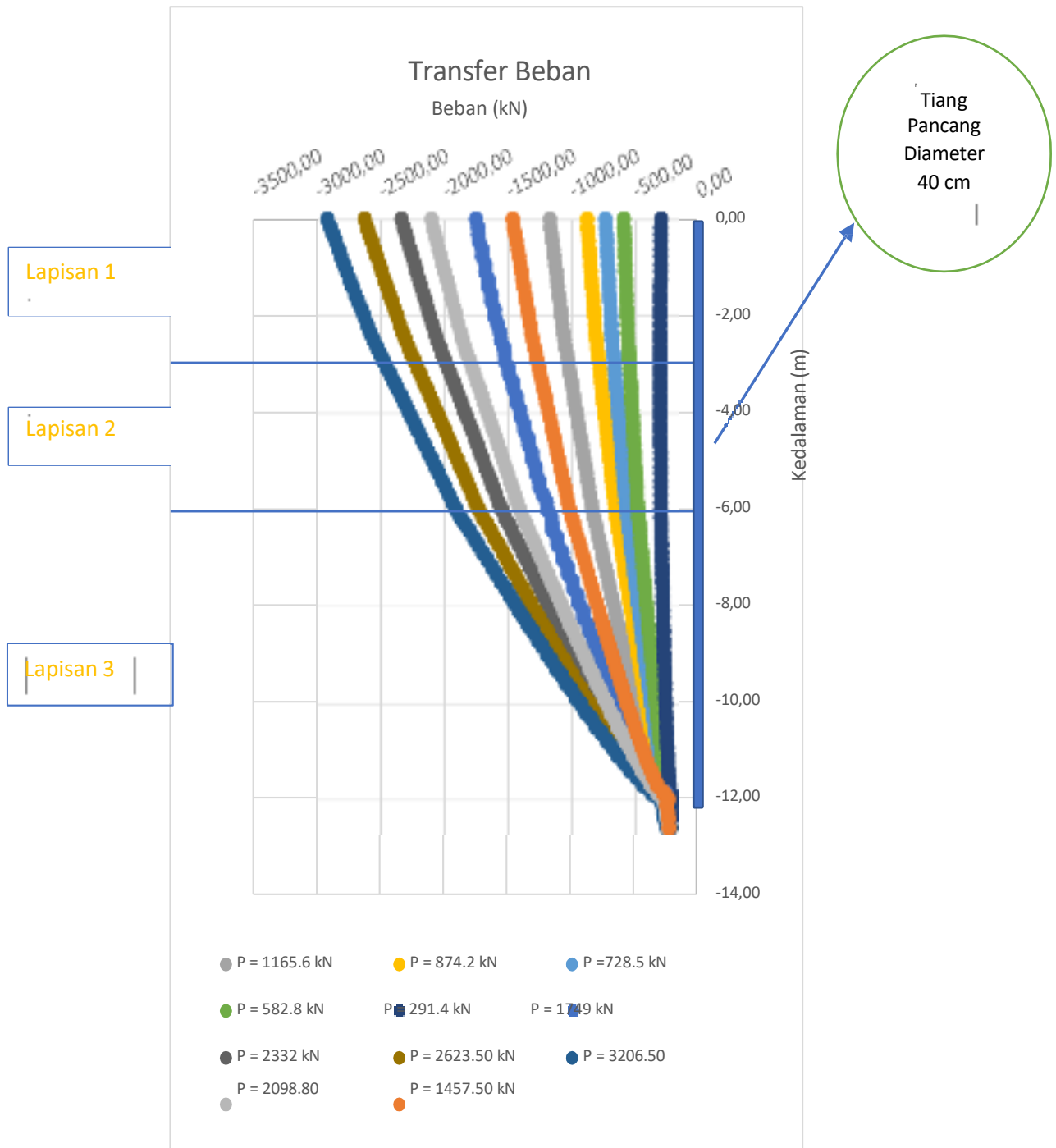
Tahapan-tahapan menampilkan *output* tegangan efektif akibat pembebanan sebagai berikut:

1. klik  *calculate* untuk melakukan perhitungan dengan otomatis pada program. Perhitungan yang telah selesai ditandai dengan tanda centang berwarna hijau pada setiap fase di *window calculations*.
2. Kemudian klik  untuk menampilkan *output* hasil *running* pemodelan
3. Kemudian pada *toolbar Stress*, lalu pilih *effective stress* Σ_{yy}
4. Kemudian klik *line cross section*  , lalu tarik garis tegak lurus untuk menampilkan tegangan.



Gambar 11 Tegangan efektif

Hasil analisis tegangan efektif dari *software* plaxis terhadap transfer beban yang bekerja dapat dilihat pada rekapitulasi tabel di halaman lampiran.



Gambar 12 Transfer beban

Hasil analisa tegangan efektif menggunakan *software* plaxis pada analisa transfer beban terlihat perilaku tiang pancang pada kedudukan tersebut sebagian besar beban tiang akan didukung oleh gesekan tiang hingga tahanan dinding menjadi maksimum dan sebagian beban tiang akan didukung oleh tahanan ujung bawah tiang. Semakin bertambah beban di atasnya besar deformasi vertikal mengalami kenaikan dan beban sebesar 140% faktor keamanan berada di atas SF 3, sedangkan beban sebesar 160% sampai 200% mengalami *bearing failure* atau *colaps*

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis model 2D metode elemen hingga menggunakan *software* plaxis diperoleh perilaku interaksi tanah dan struktur pondasi adalah sebagai berikut hasil analisa tegangan efektif menggunakan *software* plaxis pada analisa transfer beban terlihat perilaku tiang pancang pada kedudukan tersebut sebagian besar beban tiang akan didukung oleh gesekan tiang hingga tahanan dinding menjadi maksimum dan sebagian beban tiang akan didukung oleh tahanan ujung bawah tiang. Semakin bertambah beban di atasnya besar deformasi vertikal mengalami kenaikan dan beban sebesar 140% faktor keamanan berada di atas SF 3, sedangkan beban sebesar 160% sampai 200% mengalami *bearing failure* atau *colaps*.

Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan dimensi yang berbeda dan menggunakan bahan atau material yang berbeda.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai analisa kelompok tiang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. 1988. *Analisa dan Desain Pondasi I Edisi Keempat Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E. 1988. *Analisa dan Desain Pondasi I Edisi Keempat Jilid II*. Jakarta: Erlangga
- Hardiyatmo H.C, 1994, *Mekanika Tanah 2*, P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo H.C, 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Cristady. 2020. *Analisis dan Perancangan Pondasi II*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sardjono, HS. 1998. *Pondasi Tiang Pancang I*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Sardjono, HS. 1998. *Pondasi Tiang Pancang II*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Plaxis 2D-V 8.6
- I. E. Sulatri Sihotang, 2013, Tugas Akhir Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung KANWIL DJP dan KPP Sumbagut I Jalan Suka Mulia Medan, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Program Ekstension, Universitas Sumatera Utara, Medan.