



ABSTRAK

Tanah ekspansif merupakan material geoteknik problematik dengan sensitivitas tinggi terhadap fluktuasi kadar air, menyebabkan perubahan volume signifikan yang berpotensi merusak infrastruktur di atasnya. Kawasan industri Cikarang menghadapi tantangan geoteknik kompleks akibat karakteristik tanah lokal yang didominasi endapan aluvial dengan kandungan mineral lempung tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik tanah lempung ekspansif di area parkir gedung poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang, mengkuantifikasi besaran penurunan akibat pembebanan operasional, dan menentukan tingkat keaktifan serta potensi ekspansif tanah. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan pengukuran langsung di lapangan dan analisis laboratorium komprehensif terhadap sampel Bore Hole 3. Data geoteknik diperoleh dari investigasi Ketira Engineering Consultants, dengan analisis pembebanan mempertimbangkan beban mati struktur dan beban hidup kendaraan. Hasil investigasi menunjukkan stratifikasi heterogen dengan Liquid Limit 63,59-78,56%, Plasticity Index 32,30-43,79%, dan Activity Index 0,53-0,73, mengklasifikasikan material sebagai tanah ekspansif kategori sedang hingga tinggi. Kondisi overconsolidated dengan OCR 1,19-12,53 mengindikasikan riwayat pembebanan geologis historis signifikan. Magnitude settlement kumulatif mencapai 63,07 mm dengan distribusi pembebanan 4,46 t/m², didominasi kontribusi lapisan superfisial 33,95 mm. Tingkat keaktifan tanah tergolong moderat dengan potensi differential movement yang memerlukan mitigasi komprehensif melalui sistem drainase efektif, material granular pemisah, dan monitoring berkelanjutan untuk menjamin stabilitas infrastruktur jangka panjang.

Kata kunci : konsolidasi primer ; settlement analysis ; tanah ekspansif,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

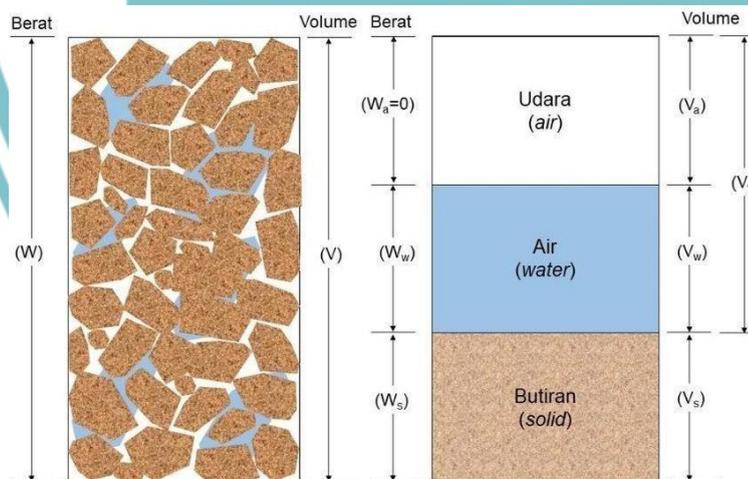
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Tanah dasar berfungsi sebagai elemen utama dalam menopang beban konstruksi, sehingga penting dilakukan analisis terhadap karakteristik fisik dan mekanik tanah (Darwis & Mulya, 2020). Secara umum, tanah terdiri dari campuran partikel mineral padat yang tidak saling berikatan secara kimia, serta mengandung material organik hasil dekomposisi. Tanah juga memiliki kandungan cairan dan gas yang mengisi pori-pori di antara partikel padat tersebut (Agung & Istri, 2014, Das, 1995)

Struktur tanah dapat terdiri dari dua atau tiga fase, sesuai pada tingkat kelembapannya. Pada kondisi kering, tanah terdiri dari dua fase, yaitu butiran tanah dan pori-pori udara yang mengisi rongga pori. Sebaliknya, ketika tanah berada dalam kondisi jenuh air, hanya terdapat dua fase, yaitu butiran tanah dan air yang mengisi seluruh pori-porinya. Sementara itu, tanah dalam kondisi tidak jenuh memiliki tiga fase, yaitu butiran tanah, udara, dan air yang masing-masing menempati ruang pori (Hardiyatmo, 2010, Elena et al., 2020)



Gambar 2. 1 Diagram Fase Tanah

Sumber: (Hardiyatmo, 2010)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Keterangan:

W_a = Berat udara

V_a = Volume udara

W_w = Berat air

V_w = Volume air

W_s = Berat butiran padat

V_s = Volume butiran padat

Tanah adalah bahan penting dalam konstruksi, berfungsi sebagai pondasi bangunan. Namun, tidak semua tanah cocok untuk proyek konstruksi karena beberapa memiliki masalah dengan daya dukung dan penurunan. Seperti yang telah dijelaskan, tanah terbagi menjadi tiga keadaan, yaitu tanah kering, tanah jenuh, dan tanah tidak jenuh. Oleh sebab itu, penelitian tentang karakteristik dan kekuatan tanah sangat penting dalam perencanaan konstruksi. Ini juga penting untuk mempertimbangkan sifat yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menahan beban bangunan.

2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang mempelajari cara-cara membedakan sifat-sifat tanah satu sama lain, dan mengelompokkan tanah ke dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan atas kesamaan sifat yang dimiliki. Dalam mengelompokkan tanah diperlukan sifat dan ciri tanah yang dapat diamati di lapangan dan di laboratorium (Mega et al., 2010). Sistem klasifikasi tanah digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan jenis tanah yang memiliki sifat sejenis sesuai dengan fungsinya dalam bidang teknik. Metode ini membantu menjelaskan karakteristik tanah yang beragam secara singkat. Berbagai sistem klasifikasi tanah dalam bidang rekayasa umumnya disusun berdasarkan karakteristik dasar tanah, seperti distribusi ukuran butir dan tingkat plastisitasnya. Namun, tidak ada sistem tunggal yang dapat menjelaskan semua kemungkinan penggunaan tanah karena variasi sifat yang sangat besar (Das & Sobhan, 2014, Mulyono, 2017).

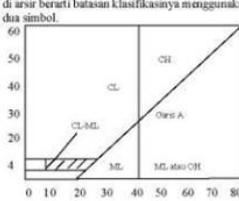
Beberapa sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan dalam bidang teknik sipil meliputi Unified Soil Classification System (USCS) dan sistem yang dikembangkan oleh American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Kedua sistem ini sering dijadikan acuan dalam pengklasifikasian jenis tanah (H. Putra, 2019).

Dalam sistem klasifikasi tanah Unified Soil Classification System (USCS), jenis tanah dibagi ke dalam dua kategori utama. (Fahriana *et al.*, 2019);

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Tanah berbutir kasar (coarse-grained soil) merupakan jenis tanah yang didominasi oleh material berupa kerikil dan pasir, dengan kandungan partikel yang lolos ayakan No. 200 kurang dari 50% dari total berat sampel. Dalam sistem klasifikasi USCS, tanah kerikil dilambangkan dengan huruf G (gravel), sedangkan tanah berpasir menggunakan simbol S (sand).
2. Tanah berbutir halus (fine-grained soil) adalah jenis tanah yang memiliki lebih dari 50% partikel dengan ukuran halus yang dapat melewati saringan No. 200. Klasifikasi tanah ini dilakukan berdasarkan karakteristik fisik dan kandungan materialnya. Dalam sistem USCS, lanau anorganik dilambangkan dengan simbol M, lempung anorganik dengan simbol C, dan lanau organik dengan simbol O. Sementara itu, tanah dengan kandungan bahan organik sangat tinggi, seperti gambut, diberi kode PT.

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi			
Tanah berbutir kasar: 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ D_{60} $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsil dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsil dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsil dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsil berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Batas Cair LL (%) Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$		
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau			
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung			
	Pasir: 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW		Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			SP		Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Pasir dengan butiran halus	SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
			SC		Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
			Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$		ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
					CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)
Lanau dan lempung batas cair $> 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomac, lanau yang elastis				
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)				
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi				
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Gambar 2. 2 Klasifikasi Tanah USCS

Sumber: (Hardiyatmo, 1996)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

USCS juga menggunakan simbol tambahan untuk menggambarkan sifat-sifat tanah lainnya, di antaranya:

H = Plastisitas tinggi (high plasticity), apabila nilai batas cair $LL > 50$

L = Plastisitas rendah (low plasticity), apabila nilai batas cair $LL < 50$

W = untuk tanah yang memiliki Gradasi baik (well graded)

P = Gradasi buruk (poorly graded)

G = Kerikil (gravel)

S = Pasir (sand)

M = Lanau (silt)

C = Lempung (clay)

O = Bahan Organik

Pt = Untuk tanah dengan kandungan bahan organik sangat tinggi seperti Gambut (peat)

Tanah berbutir kasar dalam sistem USCS dikategorikan ke dalam beberapa klasifikasi, antara lain GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC, yang masing-masing menunjukkan kombinasi sifat gradasi dan jenis material. Di sisi lain, tanah berbutir halus dikelompokkan dengan simbol seperti ML, CL, OL, MH, CH, dan OH, yang menggambarkan jenis mineral serta tingkat plastisitas dan kandungan organik.

2.3 Tanah Ekspansif

Tanah lempung pada umumnya termasuk dalam jenis tanah yang bersifat ekspansif. Tanah ekspansif adalah jenis tanah yang menunjukkan perubahan volume yang cukup besar seiring dengan naik turunnya kadar air di dalam pori-porinya. Perubahan ini terjadi karena tanah tersebut mengandung mineral montmorillonite, yang sangat sensitif terhadap kelembapan, sehingga menyebabkan tanah mengembang saat basah dan menyusut ketika kering. Ketika tanah mengandung mineral *montmorillonite*, akan cenderung mengembang akibat penyerapan air yang tinggi. Sebaliknya, ketika kadar air menurun, tanah tersebut akan menyusut (Hardiyatmo, 2014,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Elena et al., 2020). Mineral seperti illite dan kaolinit memiliki struktur yang cukup stabil, sehingga tidak mudah mengalami perubahan ukuran atau volume. Sementara mineral montmorillonite memiliki struktur internal yang memungkinkan penyerapan air dalam jumlah besar, sehingga menyebabkan tanah yang mengandung mineral ini memiliki potensi tinggi untuk mengembang saat basah dan menyusut saat kering. (Ekaputri et al., 2021)

Tanah lempung ekspansif adalah jenis tanah yang bisa mengembang dan menyusut banyak, tergantung pada jumlah air. Jika tanah ini mengalami fluktuasi yang tinggi, hal tersebut dapat memicu kerusakan pada bangunan, seperti munculnya retakan pada dinding, pengangkatan pondasi, serta permukaan jalan yang menjadi tidak rata atau bergelombang. Kondisi ini umum terjadi pada semua jenis tanah lempung dengan mineral ekspansif akan menunjukkan sifat kembang-susut yang besar ketika kadar air beryabah. Proses perubahan sifat tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, termasuk iklim, intensitas curah hujan, sistem drainase, serta fluktuasi muka air tanah (Agung & Istri, 2014). Selain itu, nilai indeks plastisitas (PI) suatu tanah umumnya meningkat secara linier seiring dengan bertambahnya persentase fraksi lempung, yaitu partikel halus dengan ukuran diameter kurang dari 0,002 mm yang mampu melewati saringan tersebut. (Mulyono, 2017, Skempton, 1953). Setiap jenis tanah menunjukkan hubungan yang berbeda antara indeks plastisitas (PI) dan persentase fraksi lempung yang lolos ayakan 0,002 mm. Nilai PI sendiri diperoleh dengan menghitung selisih antara batas cair (liquid limit) dan batas plastis (plastic limit), sebagaimana ditunjukkan dalam Persamaan 2.1. Burmister (1949) dalam (Mulyono, 2017, Das & Sobhan, 2014) mengklasifikasi indeks plastisitas secara kualitatif seperti Tabel 2.1.

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.1)$$



Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 2. 1 Nilai indeks plastisitas secara kualitatif, Burmister (1949)

Batas Plastis (PL)	Deskripsi
0	Non-plastis
1 – 5	Sangat tidak plastis (Slightly plastic)
5 – 10	Plastisitas rendah (Low plasticity)
10 – 20	Plastisitas sedang (Medium plasticity)
20 – 40	Plastisitas tinggi (High plasticity)
.>40	Plastisitas sangat tinggi (Very high plasticity)

Sumber: (Das & Sobhan, 2014)

Perbedaan nilai Indeks Plastisitas (PI) dan persentase fraksi lempung yang lolos ayakan 0,002 mm pada berbagai jenis tanah dipengaruhi oleh variasi jenis mineral lempung yang terkandung di dalam tanah tersebut. (Mulyono, 2017). Persentase tersebut dinyatakan sebagai %CF, yang diperoleh melalui tes hidrometer, sementara tingkat keaktifan diukur sebagai Ac (SNI 3423:2008) dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.2 (Kimpraswil, 2004)

$$Ac = \frac{PI}{\%CF} \dots \dots \dots (2.2)$$

Apabila nilai CF (Clay Fraction) berada di bawah 40%, maka nilainya perlu dikoreksi dengan pengurangan sebesar 5%. Tingkat keaktifan tanah sangat dipengaruhi oleh jenis mineral lempung yang ada di dalamnya. Tanah yang tergolong aktif umumnya memiliki kandungan montmorillonit yang tinggi, sehingga seringkali diklasifikasikan sebagai tanah ekspansif. Untuk menentukan tingkat keaktifan tanah, dapat digunakan referensi pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Tingkat Keaktifan Lempung

Tingkat Keaktifan Ac	Tingkat Keaktifan
Tidak aktif	< 0,75
Normal	0,75 – 1,25
Aktif	> 1,25

Sumber: (Skempton 1953)

Indeks keaktifan (Ac) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur potensi pengembangan tanah lempung. Besarnya nilai indeks ini dipengaruhi oleh jenis mineral lempung yang terdapat dalam tanah, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.3.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 2. 3 Aktivitas Mineral Lempung

Mineral	Activity
Montmorilonite	1,0 - 7,0
Illite	0,5 - 1,0
Kaolinit	0,4 - 0,5

Sumber: (Mitchell,1976)

Sifat-sifat tanah lempung yang kurang baik untuk bangunan diantaranya adalah kekuatannya rendah dan pengembangannya yang cukup besar apabila dipengaruhi oleh air, sehingga lempung tersebut merupakan tanah yang secara fisik dan teknis kurang memenuhi persyaratan untuk pekerjaan bangunan, dan potensial untuk inenimbulkan kerusakan pada konstruksi diatasnya. Kemsakan pada bangunan umumnya berupa retak-retak akibat penurunan yang tidak merata dan akibat pengembangan {swelling) yang besar (W, 2003). Pengembangan (*swelling*) adalah peningkatan ukuran tanah ekspansif karena bertambahnya air (Mulyono, 2017). Besarnya pembesaran tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kadar air dalam tanah, nilai indeks plastisitas, distribusi ukuran partikel (gradasi), serta besarnya tekanan overburden yang bekerja di atasnya. Kriteria yang digunakan oleh Building Research Establishment (BRE) untuk menilai potensi pengembangan dan penyusutan tanah didasarkan pada persentase partikel lempung dan nilai indeks plastisitas, sebagaimana tercantum pada Tabel 2.4. Holtz, Dakshanamurthy, dan Rahman. Untuk menilai potensi pengembangan suatu jenis tanah, digunakan beberapa parameter utama seperti indeks plastisitas, batas cair (liquid limit), dan batas susut (shrinkage limit), dengan kriteria klasifikasinya ditunjukkan pada Tabel 2.5. (Holtz, Christopher, & Berg, 1998). Dengan menggunakan ketiga parameter tersebut secara bersamaan, keakuratan dalam menilai potensi pengembangan tanah ekspansif dapat ditingkatkan.

Tabel 2. 4 Penentuan Klasifikasi Tanah Ekspansif

Degree of expansion	Chen (1983)	Seed et al (1962)	Daksanamurthy and Raman (1973)	USBR (Holz and Gibbs, 1956)
Very high	LL > 60	PI > 35	LL > 70	CC > 228
High	40 < LL ≤ 60	20 < PI ≤ 35	50 < LL ≤ 70	20 < CC ≤ 31
Medium	30 ≤ LL ≤ 40	10 ≤ PI ≤ 20	35 < LL ≤ 50	13 ≤ CC ≤ 23
Low	LL < 30	< 10	20 < LL ≤ 35	CC < 13

Sumber: (Amer Ali Al-Rawas & Mattheus F.A. Goosen, 2006)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Mineral lempung montmorillonite termasuk dalam kelompok mineral yang memiliki struktur mampu mengalami pengembangan secara signifikan. Saat material yang mengandung lempung ini menyerap air, tanah akan mengembang dengan tingkat yang bergantung pada jenis serta kadar montmorillonite yang terkandung di dalamnya. (R. H. Putra et al., 2018). Tanah dengan kandungan mineral montmorillonite yang tinggi umumnya menunjukkan tingkat kohesi yang besar. Namun, nilai kohesi tersebut cenderung menurun apabila kandungan mineral illite dan kaolinite meningkat. Penurunan ini disebabkan oleh montmorillonit yang memiliki luas permukaan spesifik lebih besar, dan dapat menyerap air dalam volume yang lebih besar dibanding mineral lempung lainnya. (Ekaputri et al., 2021 & Savitri, et. al, 2016).

2.4 Parameter Tanah

Parameter tanah digunakan sebagai dasar untuk memahami serta menilai berbagai proses perubahan yang berlangsung di dalam tanah. Beberapa parameter penting yang digunakan untuk mengukur besarnya penurunan tanah antara lain adalah:

2.1.1 Batas Cair (LL)

Batas cair (Liquid Limit/LL) merupakan kondisi saat tanah mengalami transisi dari keadaan plastis menjadi cair. Penentuan nilai batas cair dilakukan melalui uji Casagrande, di mana kadar air diukur saat sampel tanah mengalami penutupan celah setelah 25 kali pukulan dalam alat pengujian. Untuk memastikan akurasi hasil pengujian, metode ini perlu diterapkan pada satu sampel tanah dengan setidaknya empat kali pengulangan, menggunakan variasi kadar air yang berbeda guna memperoleh hubungan konsistensi tanah secara tepat. (Das, 1995).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.2 Batas Plastis (PL)

Batas plastis (Plastic Limit/PL) merupakan kadar air terendah di mana tanah masih menunjukkan sifat plastis, sebelum mengalami transisi menjadi kondisi semi padat. Nilai ini ditentukan melalui uji di mana tanah digulung membentuk benang dengan diameter sekitar 3 mm; batas plastis tercapai saat benang tanah mulai mengalami retakan atau patah. (Das, 1995).

2.1.3 Indeks Plastisitas (PI)

Indeks plastisitas (Plasticity Index/PI) adalah nilai yang diperoleh dari selisih antara batas cair (LL) dan batas plastis (PL) suatu tanah. Indeks ini menggambarkan rentang kadar air di mana tanah mempertahankan sifat plastisnya. (Das, 1995).

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- PI = Indeks plastisitas
- LL = Batas cair tanah
- PL = Batas plastis tanah

2.1.4 Berat Volume Basah (γ)

Berat volume tanah basah adalah hasil pembagian antara berat total tanah (W), yang mencakup berat butiran padat, air, dan udara di dalam pori-pori, terhadap volume total tanah (V). Nilai ini dinyatakan dalam satuan kN/m³ dan mencerminkan kepadatan tanah dalam kondisi alami atau jenuh air. (Das, 1995).

$$\gamma_w = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- γ = Berat volume tanah basah (kN/m³)
- W = Berat tanah total (gr)
- V = Volume tanah total (cm²)
- W_w = Berat air (gr)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

W_s = Berat butiran padat (gr)

w = Kadar air (%)

2.1.5 Berat Volume Kering (γ_{dry})

Berat volume tanah dalam kondisi kering menggambarkan nilai perbandingan antara berat partikel padat tanah (W_s) tanpa kandungan air, dengan volume total sampel tanah (V), yang mencakup volume padat dan rongga pori. Nilai ini dinyatakan dalam satuan kN/m^3 dan digunakan untuk menggambarkan kepadatan massa tanah dalam kondisi kering. (Das, 1995).

Keterangan:

γ_{dry} = Berat volume tanah kering (kN/m^3)

W_s = Berat butiran (gr)

V = Volume tanah

kering (cm^3)

G_s = Berat jenis tanah

γ_w = Berat jenis air (kN/m^3)

e = Angka pori

2.1.6 Nilai Angka Pori (e)

Angka pori (*void ratio*) adalah perbandingan antara volume pori dengan volume butiran padat tanah. Nilai ini digunakan untuk menggambarkan tingkat kekosongan dalam struktur tanah. Perhitungan angka pori dilakukan dengan membandingkan volume pori terhadap volume partikel tanah padat. (Das, 1995).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{W \cdot G_s}{S_r} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

- e = Angka pori
- V_v = Volume pori (cm³)
- V_s = Volume tanah kering (cm³)
- W = Kadar air (%)
- G_s = Berat jenis tanah
- S_r = Derajat kejenuhan (%)

2.1.7 Berat Jenis Tanah (G_s)

Berat jenis tanah (specific gravity) adalah perbandingan antara berat partikel padat tanah (γ_s) terhadap berat air (γ_w) dengan volume yang identik. Parameter ini biasanya tidak memiliki satuan dan digunakan untuk menggambarkan massa jenis relatif partikel tanah terhadap air. (Das, 1995).

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

- γ_s = Berat volume butiran padat (kN/ m³)
- γ_w = Berat volume air (kN/m³)

2.1.8 Derajat Kejenuhan (S_r)

Derajat kejenuhan (Saturation Degree) adalah rasio antara volume air yang mengisi rongga pori tanah dengan volume total pori yang tersedia dalam sampel tanah tersebut. dan dinyatakan dalam satuan persen (%). Parameter ini menggambarkan seberapa jenuh tanah terhadap air. Rumus untuk menghitung derajat kejenuhan dapat dituliskan sebagai berikut: (Das, 1995).

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{100\%}{e} = \frac{W \cdot G_s}{e} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

- S_r = Derajat kejenuhan (%)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- V_w = Volume air (cm^3)
- V_v = Volume pori (cm^3)
- W = Kadar air (%)
- G_s = Berat jenis tanah
- e = Angka pori

2.1.9 Kadar Air (W)

Kadar air tanah merupakan perbandingan antara berat air yang terdapat dalam sampel tanah dengan berat kering dari butiran tanah, dan umumnya dinyatakan dalam satuan persen (%). Perhitungan kadar air dilakukan menggunakan rumus berikut: (Das,1995).

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

- W = Kadar air (%)
- W_w = Berat airt (gr)
- W_s = Berat tanah kering (gr)

2.1.10 Indeks Pemampatan Tanah (Cc)

Indeks pemampatan tanah merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur sejauh mana tanah mengalami penurunan volume atau pemadatan saat dikenai beban atau tekanan. Nilai indeks pemampatan, yang biasanya dilambangkan dengan C_c , dapat ditentukan dengan merujuk pada tabel berikut. (Das,1995).

Tabel 2. 5 Indeks Pemampatan Tanah

Persamaan	Acuan	Daerah Pemakaian
$C_c = 0,007 (LL-7)$	Skempton	Lempung yang terbentuk kembali
$C_c = 0,01 W_N$		Lempung Chicago
$C_c = 1,15 (e_o-0,27)$	Nishida	Semua lempung
$C_c = 0,30 (e_o-0,27)$	Hough	Tanah kohesif anorganik
$C_c = 0,0115 W_N$		Tanah organik
$C_c = 0,0046 (LL-9)$		Lempung Brazilia
$C_c = 0,75 (e_o-0,5)$		Tanah plastisitas rendah
$C_c = 0,208e_o + 0,0083$		Lempung Chicago



Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$C_c = 0,156e_o + 0,0107$		Semua lempung
---------------------------	--	---------------

Sumber: (Das, 1995)

Keterangan:

e_o = Nilai Angka Pori Awal Pada Lapisan Tanah Di Lapangan

W_N = Kadar Air Pada Lapisan Tanah Di Lapangan

LL = Batas Cair

2.1.11 Indeks Pengembangan (swelling) Tanah (C_s)

Indeks pemuaian tanah adalah parameter yang digunakan untuk menilai kemampuan tanah dalam mengalami pembesaran volume saat terkena air. Nilai indeks pemuaian, yang biasanya dilambangkan dengan C_s , dapat ditentukan dengan mengacu pada tabel berikut. (Das, 1995).

$$C_s = \frac{1}{5} \text{ Sampai } \frac{1}{10} C_c \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

C_c = Indeks pemampatan

2.5 Tegangan Pada Tanah

Pembahasan mengenai tegangan pada tanah meliputi prinsip-prinsip perhitungan kenaikan tegangan yang terjadi akibat berbagai jenis pembebanan, berdasarkan teori elastisitas. Meskipun pada kenyataannya tanah tidak sepenuhnya bersifat elastis, tidak isotropis, dan tidak homogen, metode perhitungan ini tetap memberikan estimasi kenaikan tegangan yang cukup akurat untuk keperluan praktis di lapangan. (Oktovian, 2014).

2.5.1 Tegangan Akibat Berat Sendiri Tanah

Saat tanah menerima beban tertentu, pori-porinya akan mengalami penurunan. Jika tanah tersebut terendam air, tanah akan menerima gaya ke atas akibat tekanan hidrostatik dari air. Berat tanah yang berada di bawah air ini dikenal sebagai berat efektif. Tekanan yang dihasilkan oleh berat efektif tersebut disebut tegangan efektif, yaitu gaya per satuan luas yang bekerja pada partikel-partikel tanah. Kekuatan tanah serta kecenderungan terhadap perubahan volume atau penurunan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tegangan efektif yang bekerja pada tanah tersebut. Nilai tegangan efektif yang lebih tinggi akan meningkatkan tingkat kepadatan tanah. (Das,1995).

$$\sigma = \gamma \cdot h \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

σ = Tegangan Geosttik Vertikal Pada Tanah (kN/m²)

γ = Berat Jenis Tanah (kN/m³)

h = Kedalaman Lapisan Tanah (m)

2.5.2 Tegangan Akibat Beban Pada Permukaan Tanah

Beban pada permukaan tanah merupakan total tegangan yang terjadi pada titik tertentu di kedalaman tanah akibat distribusi beban yang diterima dari permukaan. Fenomena ini dikenal dengan istilah penyebaran tegangan (Das, 1995). Teori Boussinesq menjelaskan bahwa terdapat beberapa jenis beban yang memengaruhi permukaan tanah antara lain meliputi:

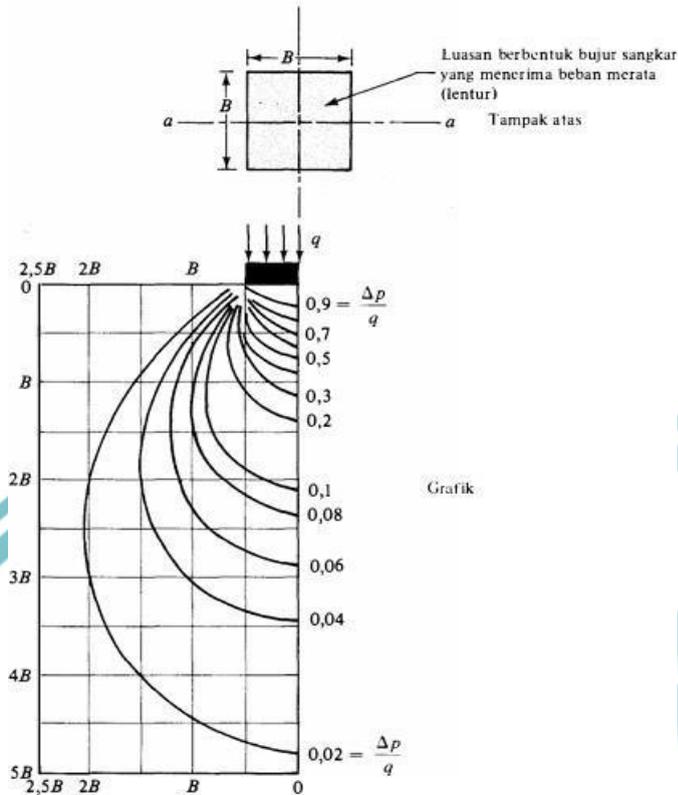
1. Beban Titik
2. Beban Garis
3. Beban Terbagi Rata

Terdapat lima jenis beban terbagi merata, antara lain:

1. Berbentuk Lajur Memanjang
2. Berbentuk Empat Persegi Panjang
3. Berbenrtuk Lingkaran
4. Berbentuk Segi Tiga Memanjang Tak Terhingga
5. Berbentuk Trapesium Memanjang Tak Terhingga

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 3 Tegangan vertikal akibat beban lajur yang lentur

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan tegangan yang dihasilkan oleh beban merata (Das, 1995)

$$\Delta\sigma_z = q \cdot I \dots\dots\dots (2.12)$$

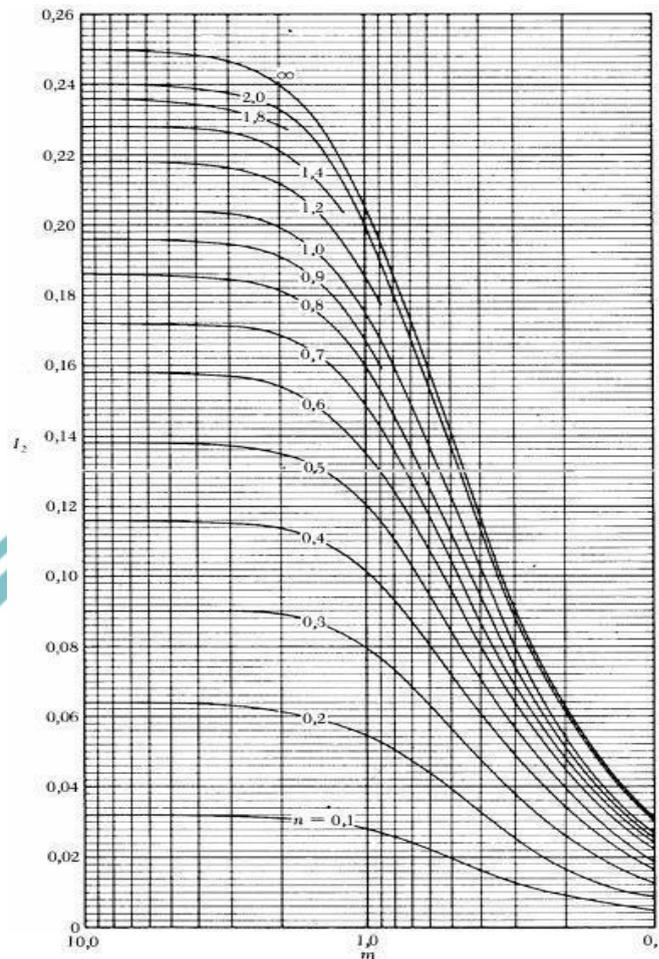
Keterangan:

- $\Delta\sigma_z$ = Penambahan Tegangan Vertikal Pada Tanah (kN/m^2)
- q = Beban Bangunan (kN/m^2)
- I = Faktor Pengaruh Akibat Beban Bangunan

Gambar di bawah ini dapat digunakan untuk menghitung nilai faktor pengaruh (I) untuk bermacam jenis variasi pada b/z dan l/z :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



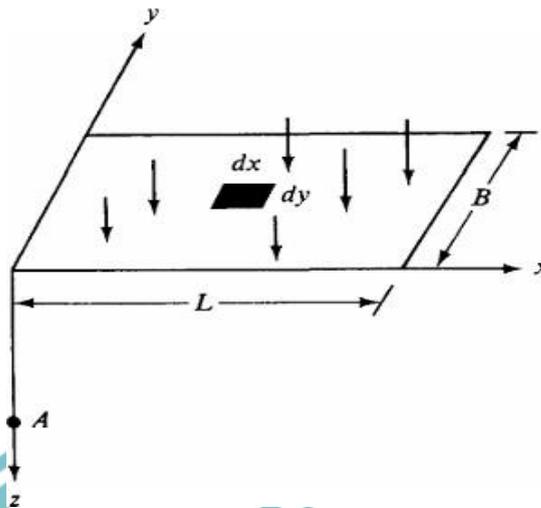
Gambar 2. 4 Nilai Faktor Pengaruh (I) Sumber: (Das,1995)

2.5.3 Tegangan Vertikal yang Diakibatkan oleh Beban Berbentuk Empat Persegi Panjang

Persamaan Boussinesq dapat digunakan untuk menganalisis peningkatan tegangan vertikal pada lapisan tanah akibat beban yang didistribusikan secara lentur dalam bentuk persegi panjang, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.5. Beban tersebut terletak di permukaan tanah dengan panjang L dan lebar B , serta didistribusikan secara merata dengan intensitas beban per satuan luas sebesar q . Untuk menghitung peningkatan tegangan vertikal pada titik A yang terletak pada kedalaman z di bawah salah satu sudut dari bidang beban berbentuk persegi panjang, digunakan pendekatan berdasarkan rumus ini.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 5 Tegangan vertikal di bawah titik ujung suatu luasan

2.6 Teori Penurunan Tanah

Penambahan beban pada permukaan tanah dapat menyebabkan terjadinya pemadatan pada lapisan tanah di bawahnya. Proses pemadatan ini dipengaruhi oleh berbagai mekanisme, seperti deformasi butiran tanah, pergeseran posisi partikel, keluarnya air atau udara dari rongga pori, serta faktor-faktor lain yang bergantung pada karakteristik tanah tersebut. Secara umum, penurunan (settlement) tanah akibat pembebanan dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu:

1. Penurunan konsolidasi merupakan proses penurunan tanah yang terjadi karena berkurangnya volume tanah jenuh air akibat keluarnya air dari rongga pori. Proses ini mengakibatkan tanah mengalami pemadatan dan penurunan permukaan.
2. Penurunan segera merupakan jenis penurunan yang disebabkan oleh deformasi elastis tanah, yang dapat terjadi pada kondisi kering, lembap, atau jenuh, tanpa disertai perubahan kadar air. Perhitungannya umumnya didasarkan pada pendekatan teori elastisitas.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6.1 Penurunan Konsolidasi primer (Sc)

Konsolidasi primer (primary consolidation) adalah proses awal di mana tekanan air pori secara bertahap berkurang seiring dengan keluarnya air dari pori-pori tanah, sehingga tekanan tersebut berpindah menjadi tegangan efektif yang ditanggung oleh kerangka butiran tanah (Das, 1995). Konsolidasi primer ini dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yang akan dijelaskan lebih lanjut berikut ini:

1. Tanah yang mengalami konsolidasi normal adalah tanah yang tekanan efektif akibat beban overburden saat ini merupakan yang terbesar dibandingkan dengan tekanan yang pernah dialaminya sebelumnya selama sejarah pembebanan.
2. Tanah overkonsolidasi adalah tanah yang saat ini mengalami tekanan efektif overburden yang lebih kecil dibandingkan tekanan maksimum yang pernah dialaminya di masa lalu. Tekanan maksimum tersebut dikenal sebagai tekanan prakonsolidasi (preconsolidation pressure). Untuk mengetahui tingkat konsolidasi tanah, digunakan nilai OCR (Overconsolidation Ratio) yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

OCR = Nilai Penentuan Sifat Tanah Pada Konsolidasi primer

σ'_c = Tegangan Prakonsolidasi (kN/ m²)

σ'_o = Tegangan Efektif Overburden (kN/ m²)



Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perhitungan besar penurunan konsolidasi primer (S_c) pada tanah yang mengalami konsolidasi normal (normally consolidated) menurut Das (1995):

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1+e_0} \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma'_{o'}} \right) \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan:

S_c = Penurunan Konsolidasi Primer (m)

C_c = Nilai Indeks Pemampatan Tanah

H = Kedalaman Lapisan Tanah (m)

e_0 = Angka Pori Awal

$\sigma'_{o'}$ = Tegangan Efektif Overburden (kN/m^2)

$\Delta\sigma$ = Penambahan Tegangan Vertikal (kN/m^2)

Untuk tanah yang mengalami kondisi overkonsolidasi, penurunan konsolidasi primer (S_c) dihitung menggunakan rumus berikut menurut Das (1995):

1. Terkonsolidasi secara berlebih ($\sigma'_{o'} + \Delta\sigma \leq \sigma'_{c'}$)

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma'_{o'}} \right) \dots \dots \dots (2.15)$$

2. Tanah terkonsolidasi Secara Berlebih apabila ($\sigma'_{o'} + \Delta\sigma > \sigma'_{c'}$)

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_{c'}}{\sigma'_{o'}} \right) + \frac{C_c \cdot H}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma'_{c'}} \right) \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

S_c = Penurunan Konsolidasi Primer (m)

C_s = Nilai Indeks Pemuaian Tanah

C_c = Nilai Indeks Pemampatan Tanah

H = Kedalaman Lapisan Tanah (m)

e_0 = Angka Pori Awal

$\sigma'_{o'}$ = Tegangan Efektif Overburden (kN/m^2)

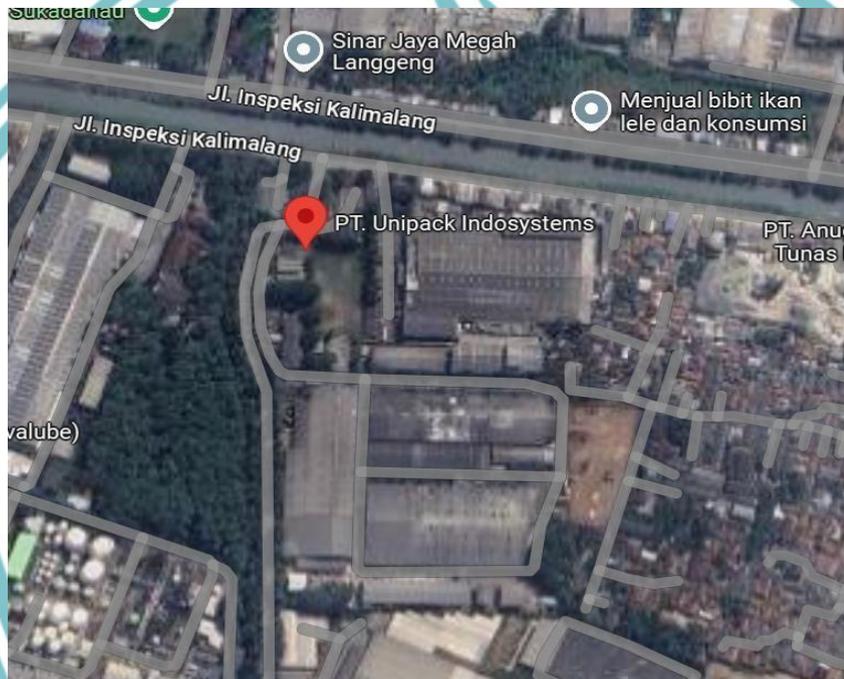
$\sigma'_{c'}$ = Tegangan Prakonsolidasi (kN/m^2)

$\Delta\sigma$ = Penambahan Tegangan Vertikal (kN/m^2)

BAB III METODE PEMBAHASAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada area parkir di lingkungan pabrik PT. Unipack Indosystem yang beralamat di Jalan Inspeksi Kalimalang Km 2, Desa Sukadana, Kecamatan Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat, dengan kode pos 17520. Letak geografis lokasi penelitian dapat dilihat melalui peta yang ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 3. 1 Gedung PT. Unipack Indosystem

Sumber: Google Maps

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini, teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi beberapa metode sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer ini diperoleh melalui pengukuran amblesan di lahan parkir secara langsung di lokasi yang ditinjau.

2. Data Sekunder

Data sekunder ini diperoleh dari hasil kumpulan informasi yang sudah ada sebelumnya dan dimanfaatkan sebagai pelengkap untuk memenuhi kebutuhan data

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

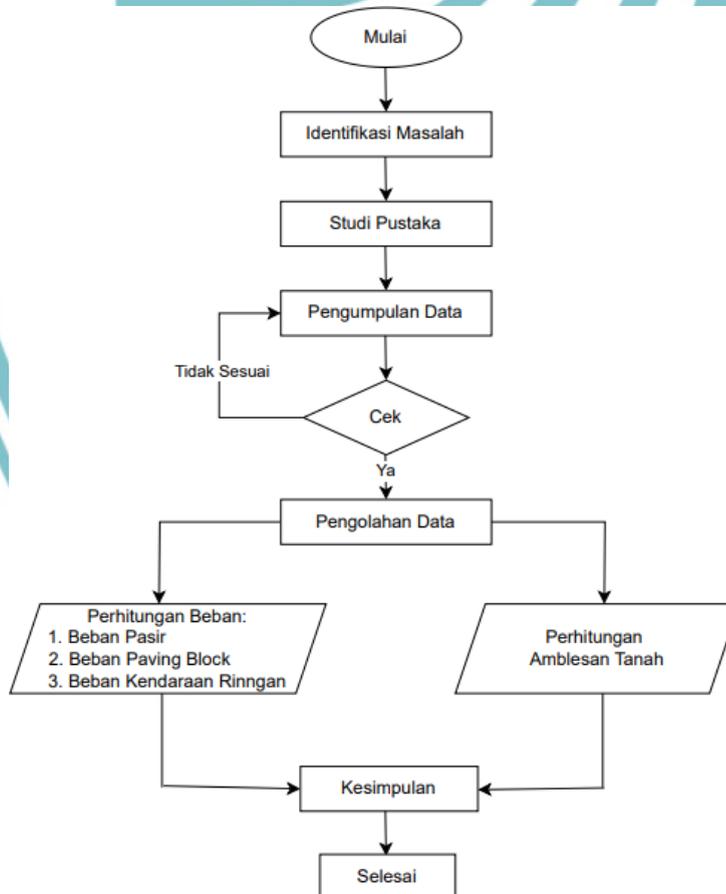
penelitian. Data tanah ini diperoleh dari Ketira Engineering Consultans yang sebelumnya sudah menyelidiki data tanah dilahan penelitian yang didapat dari PT. Unipack Indosystem.

3.3 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa data pembebanan yaitu beban mati bangunan dan beban hidup kendaraan yang melaju di lahan parkir gedung poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang.
2. Untuk menghitung pembebanan dan besarnya penurunan yang terjadi yaitu berdasarkan dari perhitungan Braja Das.

3.4 Diagram Bagan Alir





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

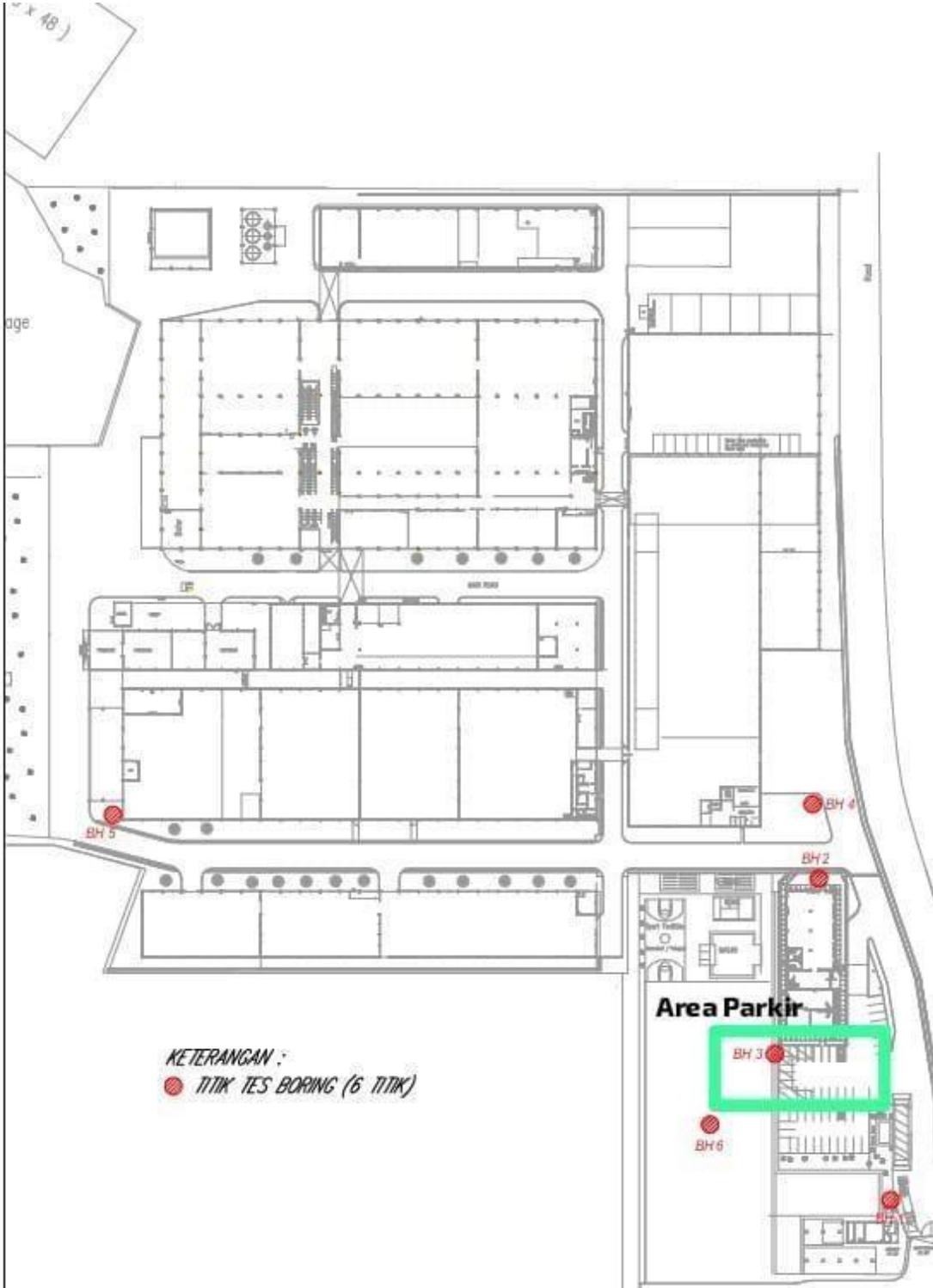
Data yang dipakai dalam perhitungan adalah data tanah yang diperoleh dari pengujian laboratorium yang dilakukan oleh Ketira Engineering Consultant di lokasi Bore Hole 3 (BH3), karena posisi titik BH3 adalah yang paling dekat dengan area parkir gedung poliklinik tersebut.

4.1.1 Data Tanah (Laboratorium)

Dari data hasil penyelidikan tanah dilapangan dan laboratorium Ketira Engineering Consultans, dapat disimpulkan tentang deskripsi tanah yang bervariasi tergantung pada kedalamannya berdasarkan dari **Lampiran 3**:

1. Pada Kedalaman 0.00 – 2.00 meter merupakan urugan tanah dan urugan puing material.
2. Pada Kedalaman 2.00 – 10.00 meter merupakan jenis lapisan lempung kelanauan hingga lanau lempung kepasiran dengan konsistensi lunak.
3. Pada Kedalaman 10.00 – 18.00 meter merupakan jenis lapisan lempung kelanauan hingga lanau lempung kepasiran dengan konsistensi teguh.
4. Pada Kedalaman 20.00 – 30.00 meter merupakan jenis lapisan lempung kelanauan hingga lanau lempung kepasiran dengan konsistensi sangat teguh hingga keras.

4.1.2 Peta Lokasi Penyelidikan Tanah



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penyelidikan Tanah



4.2 Data Pembebanan

Perhitungan data pembebanan dilakukan dengan cara menghitung beban mati dari pasir dan paving block dan beban hidup yang merujuk pada aturan yang ada.

1) Data Berat Volume Agregat Halus

Untuk berat volume agregat halus yaitu antara 1,400 – 1700 kg/m³. Sumber berdasarkan dari <https://futurestiles.com/density-of-aggregate-in-kg-m3keyinformation>.

2) Data Paving Block

Untuk dimensi paving block berbentuk balok dengan dimensi 12 cm x 10 cm x 6 cm dengan berat 3 kg/buah. Sumber berdasarkan dari <https://uditchbeton.com/produk/harga-jual-paving-block> dan [SNI 03-0691-1996](https://sni.go.id/standards/sni/03-0691-1996). Jadi berat volume paving block = $3.000 \text{ gr}/(21 \text{ cm} \times 10,5 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}) = 2,27 \text{ gr/cm}^3 = 2,27 \text{ t/m}^3$.

3) Data Tebal Pasir

Tebal urugan pasir urug 5 cm, dan ketebalan yang harus dipasang harus sampai tingkat ketinggian yang diatur dilapangan. Sumber berdasarkan dari (Spesifikasi Teknis Paving Block).

4) Data Beban Hidup

Untuk data beban hidup memiliki 1,92 kN/m². Sumber berdasarkan dari [SNI 1727-2020](https://sni.go.id/standards/sni/1727-2020).

5) Data Berat Kendaraan Ringan

Untuk berat kendaraan ringan yaitu 1,3 ton. Sumber berdasarkan dari <https://carsgallery.co.id/blog/berat-mobil-avanza>.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



4.2.1 Perhitungan Pembebanan

1. Pembebanan Pada Pasir

Tabel 4. 1 Perhitungan Pembebanan Pada Pasir

Pasir	
Panjang (m)	5
Lebar (m)	5
Tebal (m)	0,05
Berat Isi (t/m ³)	1,6

1) Menentukan luas pasir $L = P \cdot l$

$$= 5 \cdot 5$$

$$= 25 \text{ m}^2$$

2) Menentukan volume pasir $v = p \cdot l \cdot t$

$$= 5 \cdot 5 \cdot 0,05$$

$$= 1,25 \text{ m}^3$$

3) Menentukan berat total pasir $P = v \cdot \text{berat isi pasir}$

$$= 1,25 \text{ m}^3 \cdot 1,6 \text{ t/m}^3$$

$$= 2 \text{ t}$$

1. Pembebanan Pada Paving Block

Tabel 4. 2 Perhitungan Pembebanan Pada Paving Block

Paving Block	
Panjang (m)	5
Lebar (m)	5
Tebal (m)	0,06
Berat Isi (t/m ³)	2,27

1). Menentukan luas paving

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\begin{aligned} \text{block L} &= P \cdot l \\ &= 5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \\ &= 25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- 2). Menentukan volume paving block

$$\begin{aligned} v &= p \cdot l \cdot t \\ &= 5 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 0,06 \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- 3). Menentukan berat total paving

$$\begin{aligned} \text{block P} &= v \cdot \text{berat isi paving} \\ \text{block} &= 1,5 \text{ m}^3 \cdot 2,27 \text{ t/m}^3 \\ &= 3,41 \text{ t} \end{aligned}$$

2. Beban Tanah Urug dengan berat volume tanah urug 2 t/m³ dan tinggi urugan 2 m maka beban total merata tanah urug = 2 t/m³ x (5 x 5 x 2) = 100 t

3. Menghitung Beban Hidup

Tabel 4. 3 Perhitungan Beban Hidup

Beban Hidup	
Panjang (m)	5
Lebar (m)	5
Beban Hidup (kN/m ²)	1,92
Berat Kendaraan (t)	1,3

- 1) Menentukan beban hidup

$$(\text{kN/m}^2) p = \text{Beban Hidup} \times$$

Luas Area

$$\begin{aligned} &= 1,92 \text{ kN/m}^2 \times 25 \text{ m}^2 \\ &= 48 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 2) Mengkonversi kN/m²

$$\text{ke t/m}^2 \quad 1 \text{ ton} = 10 \text{ kN}$$

$$= 48 \text{ kN} = 4,8 \text{ t}$$

- 3) Menghitung total beban

hidup Berat kendaraan +
Beban Hidup



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$= 1,3 \text{ t} + 4,8 \text{ t}$$

$$= 6,1 \text{ t}$$

4. Total pembebanan merata di lahan parkir

$$\begin{aligned} \text{Total Pembebanan} &= \frac{(\text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} + \text{Beban Tanah urug})}{\text{Luas Area}} \\ &= \frac{(5,41 \text{ t} + 6,1 \text{ t} + 100 \text{ t})}{25 \text{ m}^2} \\ &= 4,46 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4. 4 Data Pembebanan

DATA PEMBEBANAN			
Beban Mati		Data Area (m)	
Nama Material	Berat jenis		
Berat Isi Pasir	1.6	t/m ³	
Berat Isi Paving Block	2.27	t/m ³	Panjang 5
Berat Kendaraan	1.3	t	Lebar 5
Pasir			
Luas	25		m ²
Tebal	0.05		m
Volume	1.25		m ³
Berat Total	2.00		t
Paving Block			
Luas	25		m ²
Tebal	0.06		m
Volume	1.5		m ³
Berat Total	3.41		t
Beban Tanah Urug			
Luas	25		m ²
Tinggi	2		m
Berat Volume	2		t/m ³
Beban Hidup (kN/m ²)			
Luas	25		m ²
Beban Hidup (kN/m ²) SNI	1.92		kN/m ²
Berat Total	48		kN
Berat Total (Konversi ke t)	4.8		t
Berat Total Beban Mati (t)	5.41		
Beban Total Urug (t)	100		
Beban Hidup (t)	6.1		
Total Beban (t)	4.46		

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3 Penentuan Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif

Menetapkan karakteristik tanah ekspansif pada tempat penelitian dilakukan melalui berbagai metode yang dibahas dalam bab 2.3 tentang tanah ekspansif. Perhitungan *activity* pada tabel 4.5 dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.3. Selain mengevaluasi *activity* pada tanah yang dianalisis, penentuan sifat tanah ekspansif juga meliputi pengujian nilai *Liquid Limit* (LL), *Plasticity Index* (PI), dan *Compression Index* (CC).

Tabel 4. 5 Perhitungan Activity

Kedalaman (m)	Lapisan	PLASTICITY INDEX (%)	Clay Fraction (%)	Activity	Keterangan
(2.00 – 4.00)	1	38.98	60.63	0.64	Tidak Aktif
(4.00 - 6.00)	2	42.66	59.21	0.72	Tidak Aktif
(6.00 - 8.00)	3	43.79	59.58	0.73	Tidak Aktif
(8.00 - 20.00)	4	39.60	57.81	0.69	Tidak Aktif
(20.00 - 22.00)	5	32.30	60.50	0.53	Tidak Aktif

Tabel 4. 6 Data Tanah

Kedalaman (m)	Lapisan	Tebal Lapisan (m)	Nilai Z (m)	LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	Compression Index (CC)
(2.00 – 4.00)	1	2	1	72.00	38.98	0.30
(4.00 - 6.00)	2	2	3	77.06	42.66	0.54
(6.00 - 8.00)	3	2	5	78.56	43.79	0.61
(8.00 - 20.00)	4	12	12	75.44	39.60	0.34
(20.00 - 22.00)	5	2	21	63.59	32.3	0.16

Dibawah ini merupakan pembahasan mengenai hasil penentuan karakteristik tanah ekspansif pada kawasan yang ditinjau, yaitu:

1. Identifikasi mineral lempung menurut aktivitas tanah yang merujuk pada tabel 2.3 dan tabel 4.5 menunjukkan bahwa mineral tanah di lokasi penelitian tergolong sebagai mineral illite.
2. Penentuan sifat tanah ekspansif berdasarkan SNI 03-6795-2002 yang tercantum pada tabel 2.4 menunjukkan bahwa tingkat pengembangan tanah tersebut ada dalam kategori sedang – tinggi.
3. Penentuan tingkat aktivitas tanah berdasarkan table 2.2, yang menempatkan aktivitas tanah tersebut dalam kategori tidak aktif.
4. Identifikasi karakteristik tanah ekspansif berdasarkan tabel 2.5 dengan melihat nilai *liquid limit* (LL) dan *plasticity index* (PI) menunjukkan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

bahwa derajat ekspansif tanah termasuk dalam kategori *high - very high*.

5. Penilaian karakteristik tanah ekspansif menurut tabel 2.5 dengan mempertimbangkan nilai *compression index* (CC) menunjukkan bahwa derajat ekspansif tanah termasuk dalam kategori *low*.

4.4 Perhitungan Penurunan

Di bawah ini terdapat gambar mengenai lapisan tanah beserta dengan ketebalan masing -masing lapisan yang telah dianalisis. Pada lapisan-lapisan tersebut dihitung teggangan efektif *overburden* dan juga penurunan konsolidasi primer untuk setiap kedalaman seperti berikut:

LAPISAN TANAH	
Kedalaman (m)	Jenis Lapisan
0.00	URUGAN
2.00	
2.5	LAPISAN 1 Sandly Silty Clay (2.00 - 4.00)
3.00	
3.5	
4.00	
4.5	LAPISAN 2 Sandly Silty Clay (4.00 - 6.00)
5.00	
5.5	
6.00	
6.5	LAPISAN 3 Sandly Silty Clay (6.00 - 8.00)
7.00	
7.5	
8.00	
19.5	LAPISAN 4 Sandly Silty Clay (8.00 - 20.00)
20.00	
21.5	LAPISAN 5 Sandly Silty Clay (20.00 - 22.00)
22.00	

Gambar 4. 2 Lapisan Tanah

4.4.1. Perhitungan Tegangan Tanah

1. Tegangan Efektif *Overburden* (σ'_0)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada persamaan 2.11 dapat digunakan untuk menjelaskan perhitungan tegangan efektif dari

a. Lapisan 1

$$H (\text{lap.1}) = 2 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{sat}} (\text{lap.1}) = 1,72 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w (\text{lap.1}) = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} \sigma'0 (\text{lap.1}) &= (\gamma_{\text{sat}} (\text{lap.1}) - \gamma_w (\text{lap.1})) \cdot \left(\frac{H(\text{lap.1})}{2}\right) \\ &= (1,72 - 1) \cdot \left(\frac{2}{2}\right) \\ &= 0,72 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$H (\text{lap.2}) = 2 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{sat}} (\text{lap.2}) = 1,63 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w (\text{lap.2}) = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} \sigma'0 (\text{lap.2}) &= (\gamma_{\text{sat}} (\text{lap.1}) \cdot 2) + (\gamma_{\text{sat}} (\text{lap.2}) - \gamma_w (\text{lap.2})) \cdot \left(\frac{H(\text{lap.2})}{2}\right) \\ &= (1,72 \cdot 2) + (1,63 - 1) \cdot \left(\frac{2}{2}\right) \\ &= 4,07 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan tegangan efektif *Overburden* pada setiap kedalaman dapat dilihat pada tabel 4.7 di bawah dan untuk analisis yang lebih rinci bisa dilihat pada lampiran 13 .

Tabel 4. 7 Perhitungan Tegangan Efektif *Overburden* ($\sigma'0$)

Kedalaman (m)	Lapisan	Tebal Lapisan (m)	Nilai z (m)	Tegangan Efektif (t/m ³)
(2.00 - 4.00)	1	2	1	0,72
(4.00 - 6.00)	2	2	3	4,07
(4.00 - 6.00)	3	2	5	5,29
(8.00 - 20.00)	4	12	12	7,74
(20.00 - 22.00)	5	2	21	13,47

1. Penambahan Tegangan ($\Delta\sigma_z$)

Pada persamaan 2.12 dapat digunakan untuk menjelaskan perhitungan tegangan efektif dari *overburden* ($\Delta\sigma_z$).

a. Lapisan 1

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$B = 2,5 \text{ m}$$

$$H (\text{lap.1}) = 2 \text{ m}$$

dimana:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$q_{total} = 4,46 \text{ t/m}^2$$

$$L_z \text{ (lap.1)} = 0,24$$

$$\Delta\sigma_z \text{ (lap.1)} = q \cdot L_z \cdot 4$$

$$\Delta\sigma_z \text{ (lap.1)} = 4,46 \cdot 0,24 \cdot 4$$

$$\Delta\sigma_z \text{ (lap.1)} = 4,28 \text{ t/m}^2$$

b. Lapisan 2

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$B = 2,5 \text{ m}$$

$$H \text{ (lap.2)} = 2 \text{ m}$$

dimana:

$$q_{total} = 4,46 \text{ t/m}^2$$

$$L_z \text{ (lap.2)} = 0,15$$

$$\Delta\sigma_z \text{ (lap.2)} = q \cdot L_z \cdot 4$$

$$\Delta\sigma_z \text{ (lap.2)} = 4,46 \cdot 0,15 \cdot 4$$

$$\Delta\sigma_z \text{ (lap.2)} = 2,69 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan tegangan efektif *Overburden* pada setiap kedalaman dapat dilihat pada tabel 4.8 di bawah dan untuk analisis yang lebih rinci bisa dilihat pada lampiran 13

Tabel 4. 8 Perhitungan Penambahan Tegangan ($\Delta\sigma_z$)

Kedalaman (m)	Lapisan	Tebal Lapisan (m)	Nilai z (m)	Penambahan Tegangan (t/m^3)
(2.00 - 4.00)	1	2	1	4,28
(4.00 - 6.00)	2	2	3	2,69
(6.00 - 8.00)	3	2	5	1,45
(8.00 - 20.00)	4	12	12	0,35
(20.00 - 22.00)	5	2	21	0,10

4.4.2 Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer (S_c)

Untuk menentukan besar penurunan konsolidasi, harus memperhatikan terlebih dahulu karakteristik tanah secara langsung. Sehingga bisa mengetahui apakah tanah tersebut mengalami konsolidasi normal atau konsolidasi berlebihan. Apabila konsolidasi berlebihan terjadi, perlu diperhatikan apakah $(\sigma'_{o} + \Delta\sigma) \leq \sigma'_c$ atau $(\sigma'_{o} + \Delta\sigma) > \sigma'_c$,

1. Identifikasi Sifat Tanah (*Over Consolidated*)

Pada persamaan 2.13 dapat digunakan untuk menjelaskan Penentuan perhitungan sifat tanah (OCR) berdasarkan jenis penurunannya.

1) Lapisan 1

$$\sigma'_{o(1)} = 0,72 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma'_{c(1)} = 9,00 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{OCR (1)} &= \frac{9,00}{0,72} \\ &= 12,53 > 1 \text{ (Over Consolidated)} \end{aligned}$$

2) Lapisan 2

$$\sigma'_{o(2)} = 4,07 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma'_{c(2)} = 14,25 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{OCR (2)} &= \frac{14,25}{4,07} \\ &= 3,50 > 1 \text{ (Over Consolidated)} \end{aligned}$$

Tabel 4. 9 Perhitungan OCR

Kedalaman (m)	Lapisan	Tebal Lapisan (m)	Nilai z (m)	OCR
(2.00 - 4.00)	1	2	2	12,53 (<i>Over Consolidated</i>)
(4.00 - 6.00)	2	2	2	3,50 (<i>Over Consolidated</i>)
(6.00 - 8.00)	3	2	7	2,81 (<i>Over Consolidated</i>)
(8.00 - 20.00)	4	12	14	2,07 (<i>Over Consolidated</i>)
(20.00 - 22.00)	5	2	21	1,19 (<i>Over Consolidated</i>)

Tabel 4. 10 Penentuan Rumus Konsolidasi Primer (S_c)

Kedalaman (m)	Lapisan	Tebal Lapisan (m)	Nilai z (m)	$\sigma'_{c(1)}$ (t/m^3)	$\sigma'_{o(1)} + \Delta\sigma'_{o(1)}$ (t/m^3)	Keterangan
(2.00 - 4.00)	1	2	1	9.00	5,002	$(\sigma'_{o(1)} + \Delta\sigma'_{o(1)}) \leq \sigma'_{c(1)}$
(4.00 - 6.00)	2	2	3	14.25	6,759	$(\sigma'_{o(2)} + \Delta\sigma'_{o(2)}) \leq \sigma'_{c(2)}$
(6.00 - 8.00)	3	2	5	14.88	6,733	$(\sigma'_{o(3)} + \Delta\sigma'_{o(3)}) \leq \sigma'_{c(3)}$
(8.00 - 20.00)	4	12	12	16,06	8,092	$(\sigma'_{o(4)} + \Delta\sigma'_{o(4)}) \leq \sigma'_{c(4)}$
(20.00 - 22.00)	5	2	21	16,06	13,574	$(\sigma'_{o(5)} + \Delta\sigma'_{o(5)}) \leq \sigma'_{c(5)}$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hasil dari perhitungan *Over Consolidation Ratio* (OCR) menunjukkan bahwa keadaan tanah yang dianalisis mengalami konsolidasi berlebih atau *Over Consolidated* ($\sigma'_{o} + \Delta\sigma \leq \sigma'_{c}$). Untuk perhitungan yang lebih detail dapat dilihat pada lampiran 13.

1. Perhitungan Penurunan Konsolidasi untuk *Over Consolidated*

Pada persamaan 2.15 dapat digunakan untuk menjelaskan perhitungan penurunan konsolidasi (S_c) yaitu secara *Over Consolidated* ($\sigma'_{o} + \Delta\sigma \leq \sigma'_{c}$).

1) Lapisan 1

$$H (1) = 2 \text{ m}$$

$$C_s (1) = 0.05$$

$$e_o (1) = 1,234$$

$$\sigma'_{o} (1) = 0,72$$

$$\sigma'_{o} + \Delta\sigma'_{o} = 5,002$$

$$S_c (1) = \frac{C_s \cdot H}{1+e_o} \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{o} + \Delta\sigma'_{o}}{\sigma'_{o}} \right)$$

$$= \frac{0,05 \cdot 2}{1+1,234} \cdot \log \left(\frac{5,002}{0,72} \right)$$

$$= 0,03395 \text{ m}$$

2) Lapisan 2

$$H (2) = 2 \text{ m}$$

$$C_s (2) = 0.08$$

$$e_o (2) = 1,536$$

$$\sigma'_{o} (2) = 4,07$$

$$\sigma'_{o} + \Delta\sigma'_{o} = 6,759$$

$$S_c (2) = \frac{C_s \cdot H}{1+e_o} \log \frac{(\sigma'_{o} + \Delta\sigma'_{o})}{\sigma'_{o}}$$

$$= \frac{0,08 \cdot 2}{1+1,536} \log \frac{(6,759)}{4,07}$$

$$= 0,01403 \text{ m}$$

Hasil akhir pada perhitungan penurunan konsolidasi primer (S_c) yang dianalisis dari kedalaman 2.00 hingga 22.00 m menunjukkan adanya total penurunan sebesar 0,0631 m atau 63,07 mm, yang dapat dilihat pada tabel 5.1. Perhitungan yang lebih rinci dapat dilihat di lampiran 13



Tabel 4. 11 Perhitungan Konsolidasi Primer (Sc)

kedalaman (m)	Lapisan	Penurunan (m)	Penurunan Total (m)	Penurunan Total (cm)	Penurunan Total (mm)	Penurunan Yang Ditinjau (cm)
(2.00 - 4.00)	1	0,03395	0.0631	6,31	63,07	6,7
(4.00 - 6.00)	2	0,01403				
(6.00 - 8.00)	3	0,01045				
(8.00 - 20.00)	4	0,00463				
(20.00 - 22.00)	5	0,00009				



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	<i>Formulir TA-4</i>
--	--	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama :

I. Maya Amanda

NIM : 2201311028

Program Studi : D-III Konstruksi Gedung

KBK : Geoteknik, Jalan Raya, dan Pengukuran

Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan Parkir
Gedung Poliklinik Pt. Unipack Indosystem Cikarang

Pembimbing : Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph. D.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	25-01-25	Pembahasan mengenai topik dan judul yang akan dibuat dalam penelitian tugas akhir.	 25/01/25
2.	10-02-25	Pendalaman materi mengenai topik yang diambil dan asistensi Bab I.	 10/02/25
3.	10-03-25	Asistensi proposal Bab I, II, dan Bab III.	 10/03/25
4.	11-03-25	Asistensi proposal Bab I, II, dan Bab III revisi.	 11/03/25
5.	13-03-25	Asistensi tugas akhir Bab I-III	 13/03/25
6.	24-04-25	Asistensi tugas akhir Bab IV perhitungan data	 24/04/25
7.	30-04-25	Asistensi tugas akhir Bab IV perhitungan data	 30/04/25
8.	06-05-25	Asistensi tugas akhir Bab IV perhitungan data	 06/05/25
9.	04-06-25	Asistensi tugas akhir Bab IV dan V	 04/06/25
10.	13-06-25	Asistensi tugas akhir Bab I, II, III, IV, V dan ACC Tugas Akhir	 13/06/25

Lampiran 1 Lembar Asistensi Tugas Akhir dengan Pembimbing



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-4
--	---	------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Maya Amanda
NIM : 2201311028
Program Studi : D3 – Konstruksi Gedung
KBK : Geoteknik, Pengukuran, dan Jalan Raya
Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan parkir Gedung Poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang
Penguji : Andikanoza Pradiptiya, S.T., M.Eng

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1	16/7-25	Perbaikan Jambatan tegangan	
2	10/2-25	Acc Revisi tambahan tegangan.	

Lampiran 2 Lembar Asistensi Tugas Akhir dengan Penguji 1



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	<i>Formulir TA-5</i>
--	---	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Maya Amanda
NIM : 2201311028
Program Studi : D3 – Konstruksi Gedung
KBK : Geoteknik, Pengukuran, dan Jalan Raya
Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan parkir Gedung Poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang
Penguji : Istiatun, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	14/07/2025	1. Revisi latar belakang dengan ditambahkan data pendukung tentang tanah ekspansif dilokasi	
2.	17/7/2025	Perbaiki laporan tabel beban data - Revisi data sebay laporan - Bab diperbaiki - Revisi gambar, DS, dan	
3.	22/7/2025	Perbaikan sudah selesai - Revisi Ace	

Lampiran 3 Lembar Asistensi Tugas Akhir dengan Penguji 2



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritrik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	<i>Formulir TA-4</i>
--	---	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Maya Amanda
NIM : 2201311028
Program Studi : D3 – Konstruksi Gedung
KBK : Geoteknik, Pengukuran, dan Jalan Raya
Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan parkir Gedung Poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang
Penguji : Yelvi, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1	13/07/2025	1. Revisi mengkonversi satuan kN ke ton 2. Revisi penulisan gamma 3. Revisi menghitung teg. overburden sesuai dengan tinjauannya 4. Revisi penulisan tabel penentuan tanah over consolidated dan normally consolidated 5. Revisi perhitungan penurunan	
2..	15/07/2025	1. Revisi peerhitungan tegangan overburden	
	23/7/2025	ACC	

Lampiran 4 Lembar Asistensi dengan Penguji 3



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	<i>Formulir TA-5</i>
--	--	--------------------------

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.

NIP : 196606021990031002

Jabatan : Pembimbing Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Maya Amanda NIM : 2201311028

Program Studi : D3 – Konstruksi Gedung

KBK : Geoteknik, Pengukuran, dan Jalan Raya

Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan parkir Gedung Poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang

Sudah dapat mengikuti Ujian Sidang Tugas Akhir

Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Keterangan	
<input type="checkbox"/>	Beri tanda cek (√) untuk pilihan yang dimaksud

Depok, 23 Juli 2025
Yang menyatakan,

(Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.)

Lampiran 5 Lembar Persetujuan Pembimbing Tugas Akhir



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-6
--	---	------------------

PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andikanoza Pradiptiya, S.T., M.Eng.

NIP : 198212312012121003

Jabatan : Penguji Sidang Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

I. Maya Amanda NIM : 2201311028

Program Studi : D3 – Konstruksi Gedung

KBK : Geoteknik, Pengukuran, dan Jalan Raya

Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan parkir Gedung
Poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Depok, 18-7-2025
Yang menyatakan,

(Andikanoza Pradiptiya, S.T., M.Eng)

Keterangan:

Beri tanda cek (√) untuk
pilihan yang dimaksud

Lampiran 6 Lampiran Persetujuan Penguji 1 Tugas Akhir



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	<i>Formulir TA-6</i>
--	--	--------------------------

PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Istiatun, S.T., M.T.

NIP : 196605181990102001

Jabatan : Penguji Sidang Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

I. Maya Amanda NIM: 2201311028

Program Studi : D3 – Konstruksi Gedung

KBK : Geoteknik, Pengukuran, dan Jalan Raya

Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan parkir Gedung
Poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Depok, 22 Juli 2025
Yang menyatakan,

(Istiatun, S.T., M.T.)

Keterangan:	
<input type="checkbox"/>	Beri tanda cek (✓) untuk pilihan yang dimaksud

Lampiran 7 Lampiran Persetujuan Penguji 2 Tugas Akhir



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-6
--	---	------------------

PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yelvi, S.T., M.T.,

NIP : 197207231997022002

Jabatan : Penguji Sidang Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Maya Amanda NIM : 2201311028

Program Studi : D3 – Konstruksi Gedung

KBK : Geoteknik, Pengukuran, dan Jalan Raya

Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan parkir Gedung Poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Keterangan:



Beri tanda cek (✓) untuk pilihan yang dimaksud

Depok, 15 Juli 2025
Yang menyatakan,

(Yelvi, S.T., M.T.)

Lampiran 8 Lampiran Persetujuan Penguji 3 Tugas Akhir



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-5
--	---	------------------

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.

NIP : 196606021990031002

Jabatan : Pembimbing Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Maya Amanda NIM : 2201311028

Program Studi : D3 – Konstruksi Gedung

KBK : Geoteknik, Pengukuran, dan Jalan Raya

Judul Tugas Akhir : Analisis Amblesan Tanah Ekspansif Di Lahan parkir Gedung
Poliklinik PT. Unipack Indosystem Cikarang

- Sudah dapat mengikuti Ujian Sidang Tugas Akhir
- Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Keterangan:

Beri tanda cek (√) untuk pilihan yang dimaksud

Depok, 23 Juli 2025
Yang menyatakan,

(Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.)

Lampiran 9 Lembar Persetujuan Pembimbing



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KETIRA ENGINEERING CONSULTANTS

JALAN TANAH ABANG VIII-56A JAKARTA 10180 TELEPON : 380061 (JARINGAN SYSTEM) 4 LINE FAX : (021) 349288 8-Fax : 34928888

III. KONDISI TANAH DASAR

Berdasarkan data-data hasil penyelidikan tanah dilapangan dan dilaboratorium, secara umum kondisi tanah dasar (*sub surface soil condition*) untuk Proyek PT. Unipack yang berlokasi di MM2100 - Cibitung, dapat dijelaskan sebagai berikut :

<i>Kedalaman</i>	<i>Deskripsi tanah</i>
0,00 - 02,00 m :	Berupa urugan tanah dan urugan paing material.
2,00 - 10,00 m :	Merupakan jenis lapisan lempung kelanauan hingga lanau lempung kepasiran (<i>silty clay to sandy clayey silt</i>) dengan konsistensi lunak hingga cukup teguh (<i>soft to medium stiff</i>) berwarna coklat keabuan hingga abu - abu kecoklatan. Lapisan tersebut mempunyai nilai N-SPT berkisar antara 2 s/d 8 blows/30 cm penetrasi spoon SPT.
10,00 - 18,00 m :	Merupakan jenis lapisan lempung kelanauan hingga lanau lempung kepasiran (<i>silty clay to sandy clayey silt</i>) dengan konsistensi teguh (<i>stiff</i>) berwarna abu - abu hingga coklat keabuan. Lapisan tersebut mempunyai nilai N-SPT berkisar antara 9 s/d 15 blows/30 cm penetrasi spoon SPT dan untuk DB6 lapisan tersebut berkonsistensi sangat teguh hingga keras (<i>very stiff to hard</i>) dengan nilai N-SPT berkisar antara 22 s/d 36 blows/30 cm penetrasi spoon SPT. Sedangkan, untuk DB1 dan DB2 dikedalaman 10,00 - 12,00 merupakan lapisan pasir kelanauan (<i>silty SAND</i>) dengan kondisi medium dense, berwarna abu - a bu coklat. Lapisan tersebut mempunyai nilai N-SPT berkisar antara 10 s/d 18 blows/30 cm penetrasi spoon SPT.
20,00 - 30,00 m :	Merupakan jenis lapisan lempung kelanauan hingga lanau lempung kepasiran (<i>silty clay to sandy clayey silt</i>) dengan konsistensi sangat teguh hingga keras (<i>very stiff to hard</i>) berwarna abu - abu kecoklatan hingga coklat keabuan. Lapisan tersebut mempunyai nilai N-SPT berkisar antara 15 s/d 51 blows/30 cm penetrasi spoon SPT. Sedangkan untuk DB3 dan DB6 dikedalaman 28,00 - 30,00 m merupakan lapisan pasir kelanauan dengan kondisi dense, berwarna abu - abu. Lapisan tersebut mempunyai nilai N-SPT berkisar antara 32 s/d 35 blows/30 cm penetrasi spoon SPT.

Lampiran 10 Data Kondisi Tanah Dasar

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta


KETIRA CONSULTANT

PROJECT : PT.UNIPACK
LOCATION : CIBITUNG

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT

Sample No.			DB 3	DB 3	DB 3
Bore Hole No.					
Sample Depth			1.50 - 2.00	3.50 - 4.00	5.50 - 6.00
Gradation	Gravel	%			
	sand	%	0.18	0.14	0.12
	Silt	%	41.82	38.36	41.43
	Clay	%	58.00	61.50	58.45
Liquit Limit		%	72.00	78.75	78.50
Plastic Limit		%	33.02	34.86	34.75
Plasticity indeks		%	38.98	43.89	43.75
Shrinkage Limit		%			
Specific Gravity			2.605	2.608	2.589
Dry Density		t/m ³	1.166	0.989	0.936
Coefficient of Permeability		cm/sec			
Natural State	Water Content	%	48.51	65.69	70.98
	Wet Density	t/m ³	1.732	1.639	1.601
	Void Ratio		1.234	1.637	1.766
	Porosity		0.552	0.621	0.638
	Degree of Saturation	%	100.00	100.00	100.00
unc. Comp	Compressive strength	kg/cm ²			0.234
	Sensivity				
Triaxial	Cohesion	kg/cm ²	0.38	0.18	
	Cohesion eff	kg/cm ²	0.38	0.18	
	Angle of internal friction	in °	5.0	5.0	
	Angle of internal friction eff.	in °	5.5	5.5	
D.S	Cohesion	kg/cm ²			
	Angle of internal friction	in °			
C.C	Coeff of consolidation	cm ² /sec	7.376 X 10 ⁻⁴	4.324 X 10 ⁻⁴	4.508 X 10 ⁻⁴
	Compression index		0.30	0.62	0.60
Compaction	Optimum Moisture Content	%			
	Max.Dry Density	t/m ³			
	Sample condition	%			
CBR	Test condition	t/m ³			
	Water Content	%			
	Dry Density				
	CBR				
SWELLING	Swelling Presure	kg/cm ²	0.050	0.025	

Remarks :

Lampiran 11 Data Summary Of Laboration Test Result

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta


KETIRA CONSULTANT

PROJECT : PT.UNIPACK
LOCATION : CIBITUNG

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT

Sample No.			DB 3	DB 3	DB 3
Bore Hole No.					
Sample Depth			7.50 - 8.00	19.50 - 20.00	21.50 - 22.00
Gradation	Gravel	%			
	sand	%	0.20	0.18	0.17
	Silt	%	39.85	43.82	36.83
	Clay	%	59.95	56.00	62.00
Liquit Limit		%	80.50	67.00	62.45
Plastic Limit		%	38.32	31.69	31.15
Plasticity indeks		%	42.18	35.31	31.30
Shrinkage Limit		%			
Specific Gravity			2.606	2.610	2.607
Dry Density		t/m ³	0.883	1.517	1.501
Coefficient of Permeability		cm/sec			
Natural State	Water Content	%	76.96	26.69	31.67
	Wet Density	t/m ³	1.583	1.922	1.977
	Void Ratio		1.951	0.721	0.737
	Porosity		0.661	0.419	0.424
	Degree of Saturation	%	100.00	96.62	100.00
unc. Comp.	Compressive strength	kg/cm ²	0.219		
	Sensivity				
Triaxial	Cohesion	kg/cm ²		0.78	
	Cohesion eff.	kg/cm ²		0.78	
	Angle of internal friction	in °		6.0	
	Angle of internal friction eff.	in °		7.0	
D S	Cohesion	kg/cm ²			
	Angle of internal friction	in °			
C C	Coeff. of consolidation	cm ² /sec	5.702 X 10 ⁻⁴	9.210 X 10 ⁻⁴	
	Compression index		0.44	0.16	
Com. pack. on	Optimum Moisture Content	%			
	Max Dry Density	t/m ³			
	Sample condition	%			
CBR	Test condition	t/m ³			
	Water Content	%			
	Dry Density				
	CBR				
SWEE LUNG	Swelling Pressure	kg/cm ²			

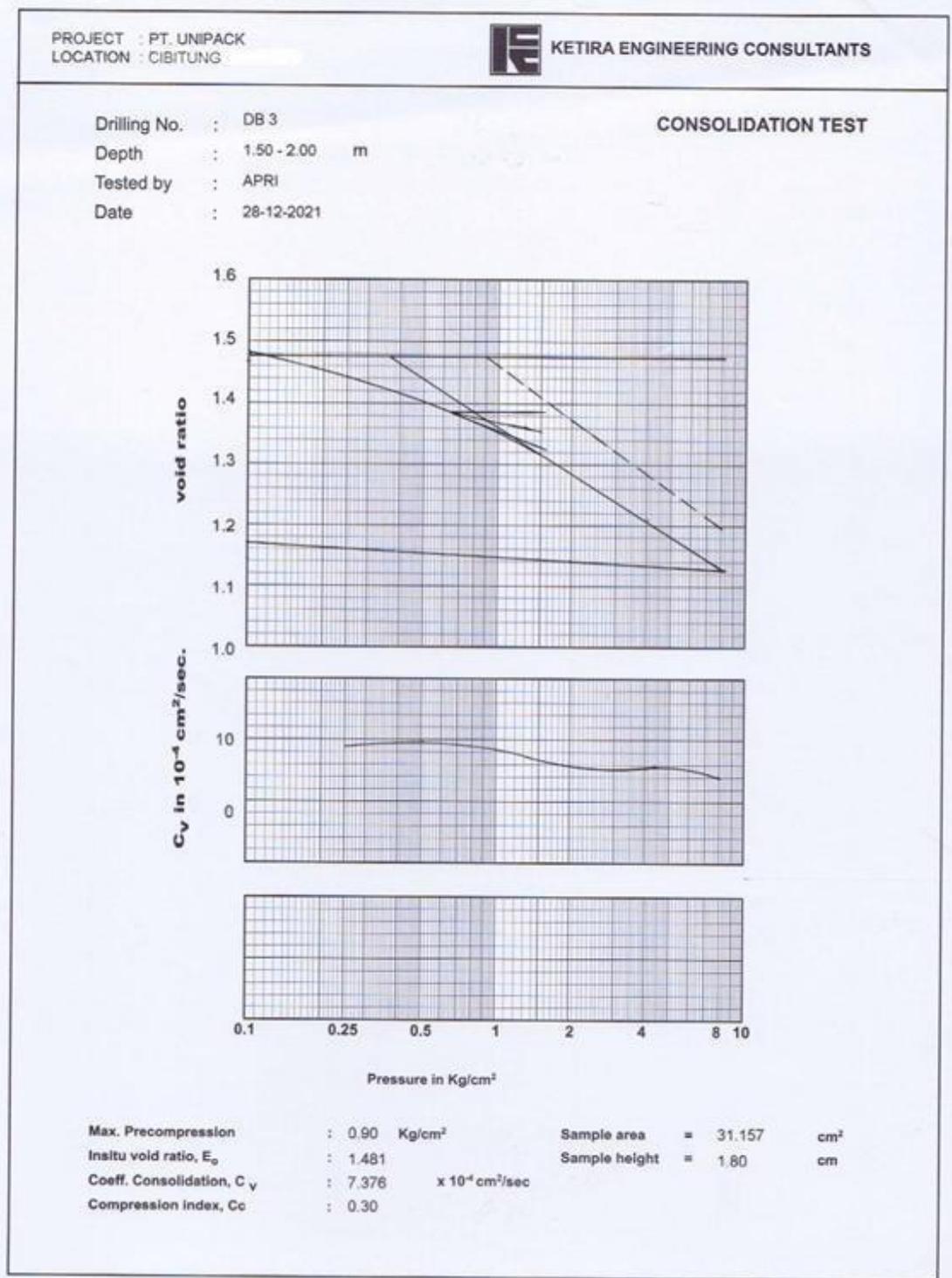
DISTURB

Remarks :

Lampiran 12 Data Summary Of Laboratorium Test Result

Hak Cipta :

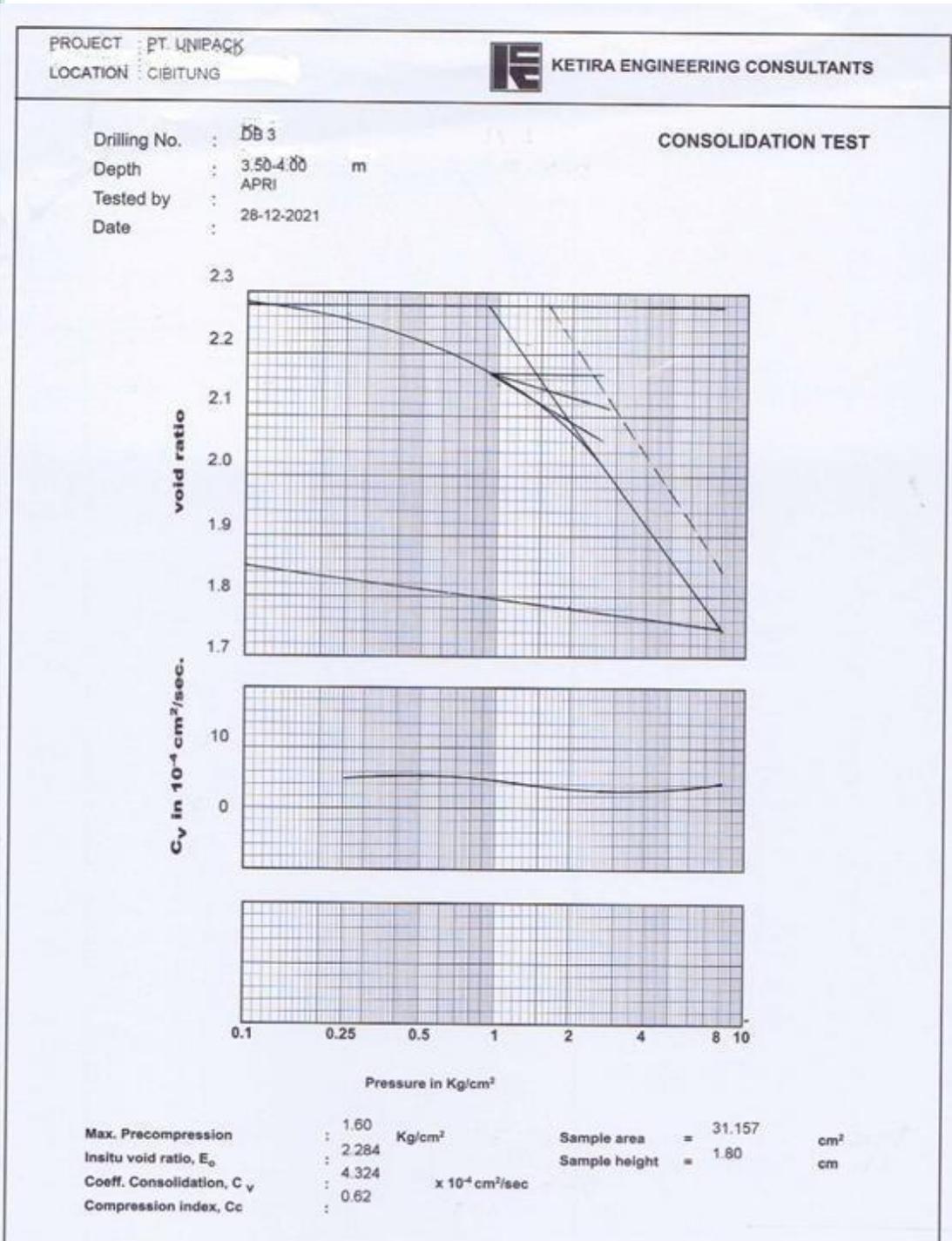
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 13 Data Summary Of Laboratory test Result

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



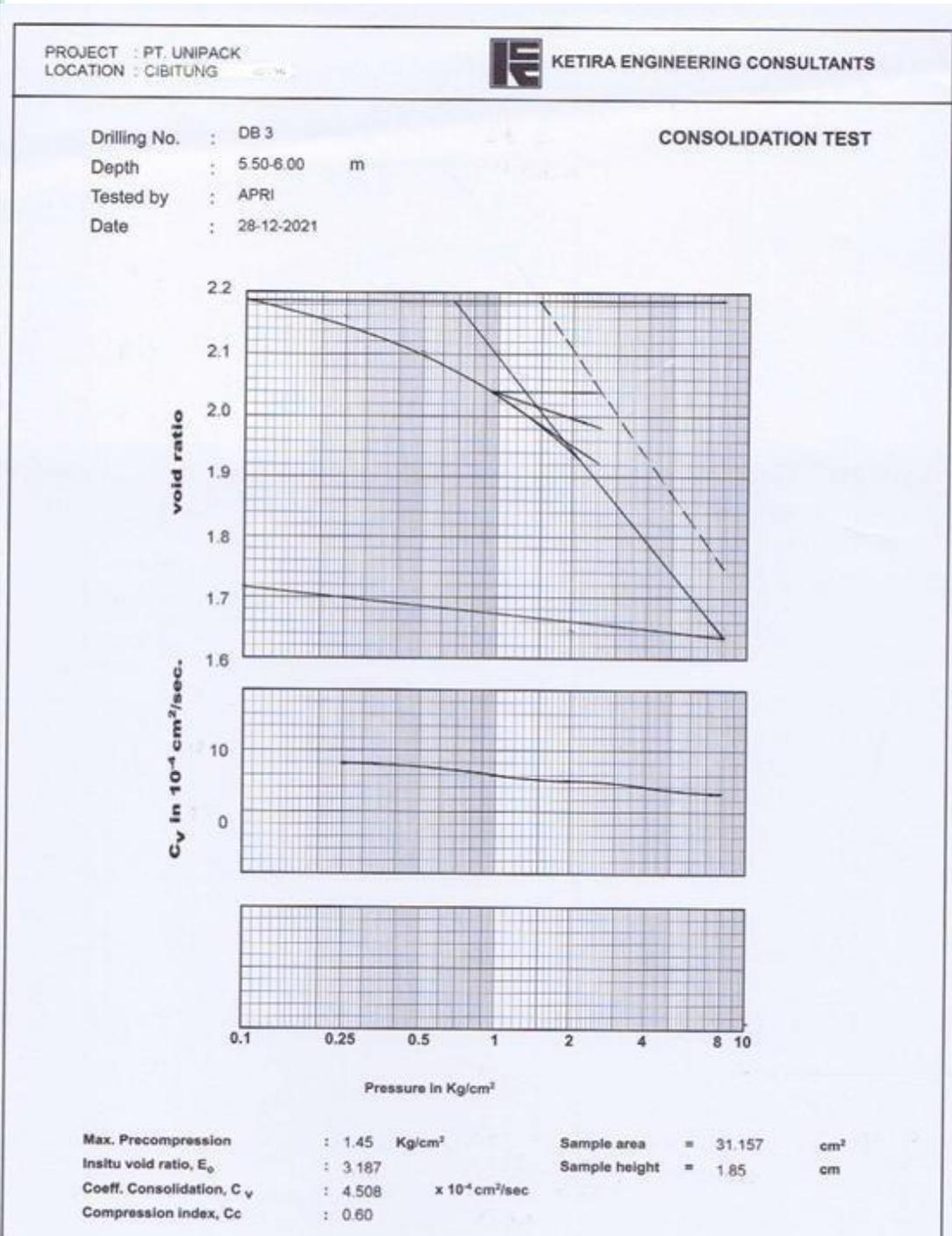
Lampiran 14 Data Summary Of Laboratory test Result



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

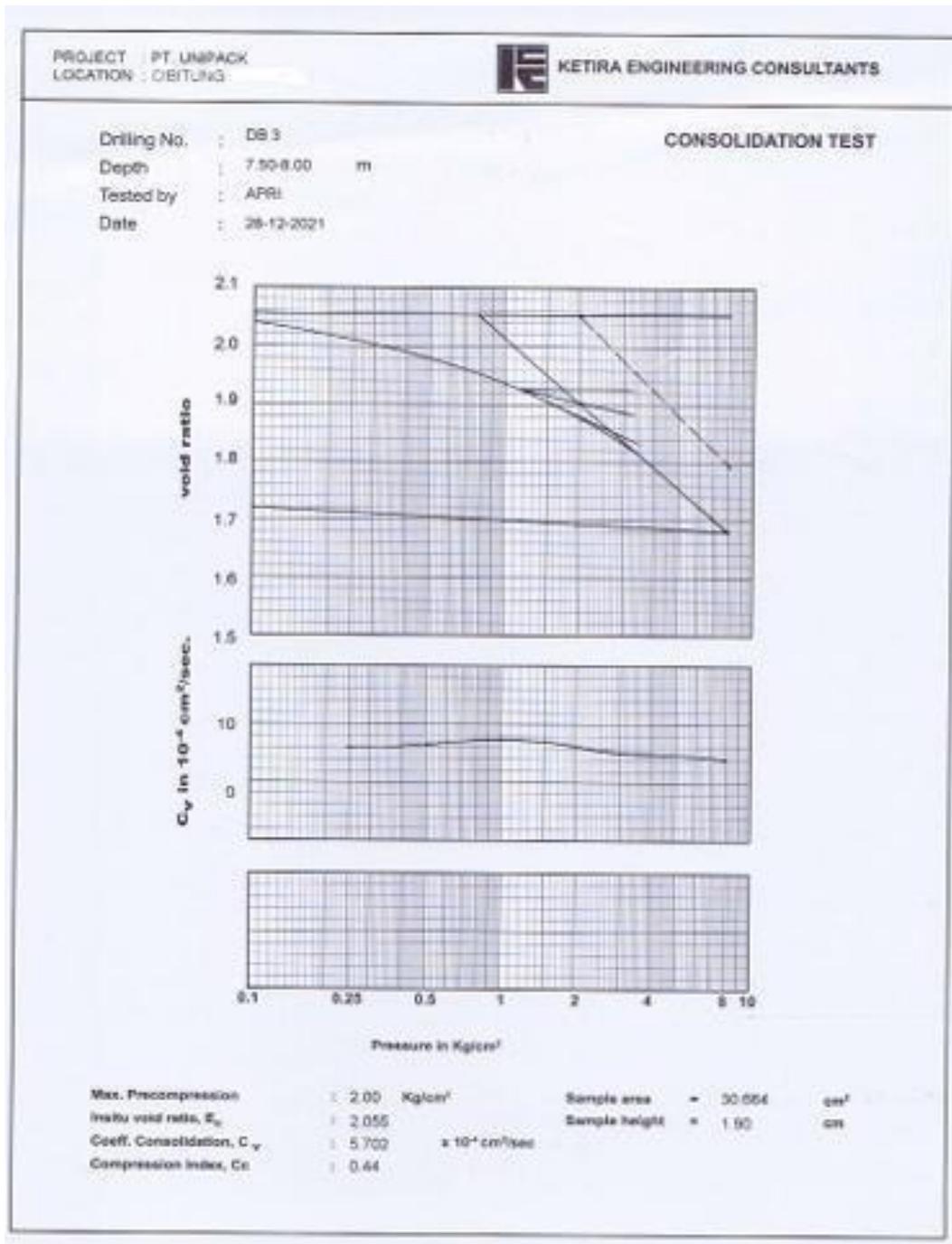
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 15 Data Summary Of Laboratory test Result

Hak Cipta :

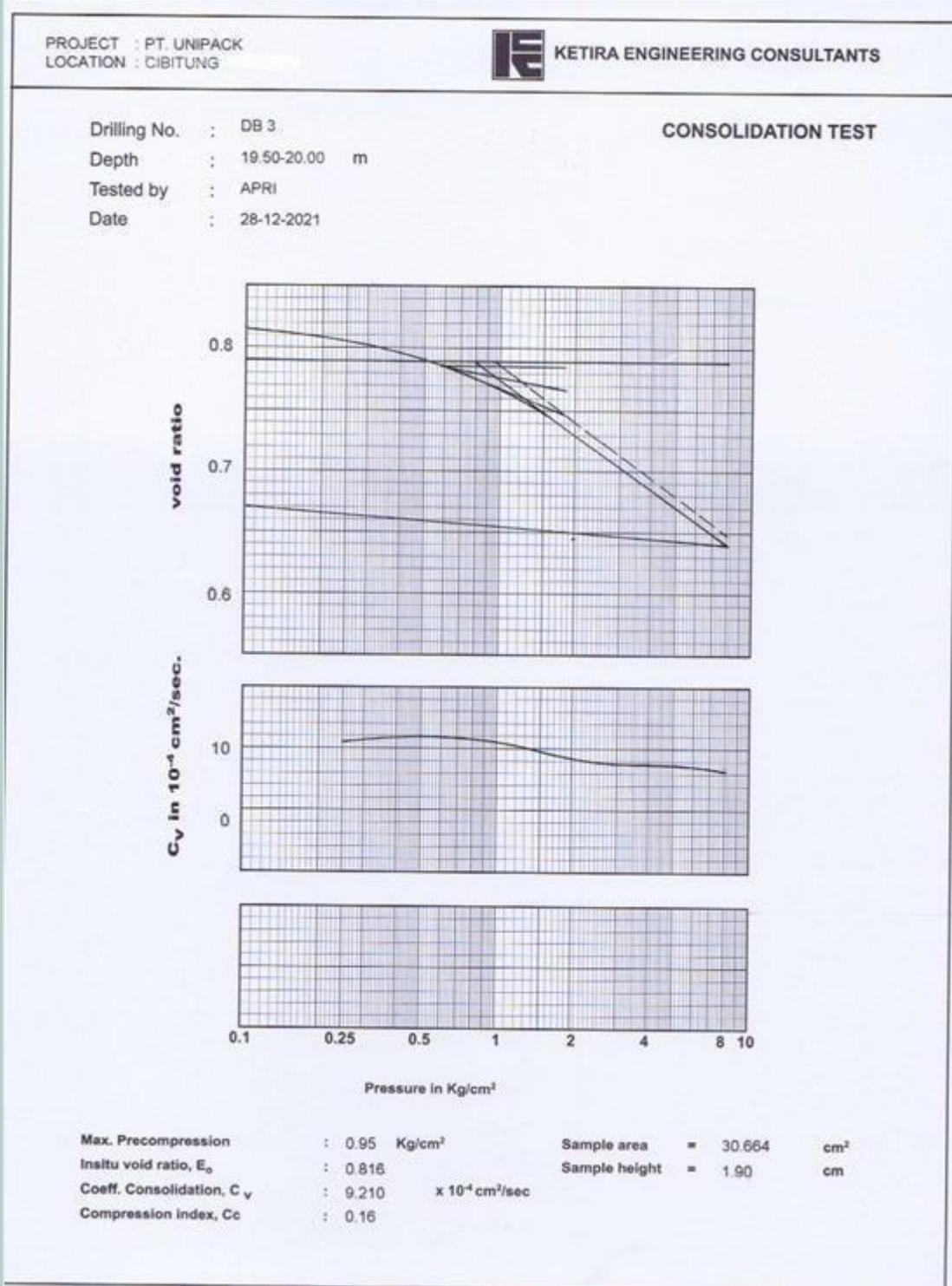
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 16 Data Summary Of Laboratory test Result

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 17 Data Summary Of Laboratory test Result

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KETIRA ENGINEERING CONSULTANTS

JALAN TANAH ABANG WIS6-56A JAKARTA 10160 TELEPON : 3800052 (HUNTING SYSTEM) 4 LINES FAX : (021) 3446386 e-mail ketira@indo.net.id

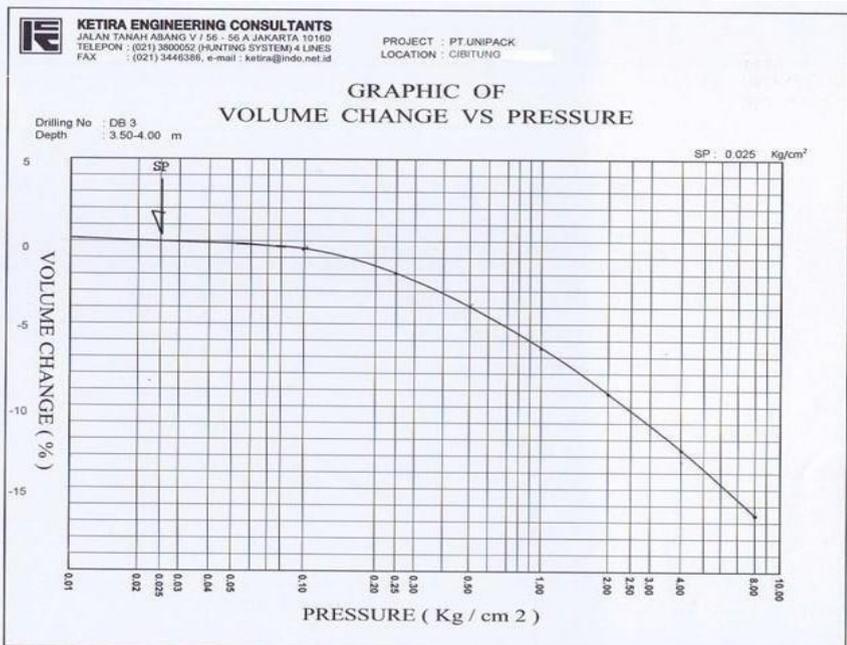
SUMMARY OF SWELLING TEST RESULT

PROJECT : PT.UNIPACK
LOCATION : CIBITUNG

SAMPLE NO.	: DB 3	RING NO.	: 5	cm
DEPTH	: 3.50-4.00 m	DIAMETER	: 6.3	cm
TEST BY	: APRI	HEIGHT	: 1.8	cm
DATE	: 20-12-2021	AREA	: 31.157	cm ²
		VOLUME	: 56.082	cm ³

No.	PRESSURE	DIAL READING	SETTLEMENT (-)	EXPAND (+)	VOLUME CHANGE
	Kg/cm ²	10 ⁻² mm	mm	Mm	%
1.	0.01	-3		0.03	+0.167
2.	0.10	7	0.07		-0.389
3.	0.25	31	0.31		-1.722
4.	0.50	69	0.69		-3.833
5.	1.00	117	1.17		-6.50
6.	2.00	260	2.60		-9.250
7.	4.00	238.5	2.385		-12.65
8.	8.00	297	2.97		-16.50

WATER CONTENT DETERMINATION		
	BEFORE	AFTER
CONTAINER NO.	5	A06
WT CONT + WET SOIL (gr)	296.32	99.45
WT CONT + DRY SOIL (gr)	259.85	60.94
WT CONTAINER (gr)	210.44	11.53
WT DRY SOIL (gr)	49.41	49.41
WATER CONTENT (W %)	73.81	77.94
WET DENSITY (gr/cm ³)	1.531	1.878
DRY DENSITY (gr/cm ³)	0.881	1.055



Lampiran 19 Data Summary Of Swelling Test result



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DATA TANAH (BH 3 FROM KETIRA)											
SAMPLE DEPTH (m)		1.5 - 2.0	3	3.5 - 4.0	5	5.5 - 6.0	7.5 - 8.0	12	19.50 - 20.00	21	21.51 - 22.00
Gradation (%)	Sand	0.18	0.15	0.14	0.13	0.12	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17
	Silt	41.82	39.23	38.36	40.66	41.43	39.85	41.34	43.82	38.58	36.83
	Clay	58.00	60.63	61.50	59.21	58.45	59.95	58.47	56	60.5	62
PLASTICITY INDEX (PI) (%)		38.98	42.66	43.89	43.79	43.75	42.18	39.60	35.31	32.30	31.3
LIQUID LIMIT (LL) (%)		72.00	77.06	78.75	78.56	78.5	80.5	75.44	67	63.59	62.45
PLASTIC LIMIT (PL) (%)		33.02	34.40	34.86	34.78	34.75	38.32	35.83	31.69	31.285	31.15
SPECIFIC GRAVITY (Gs)		2.605	2.607	2.608	2.594	2.589	2.606	2.61	2.61	2.60775	2.607
WET Density (t/m ³)		1.73	1.66	1.639	1.61	1.601	1.563	1.70	1.922	1.96325	1.977
WET DENSITY (γ _{sat}) (t/m ³)		1.72	1.63	1.61	1.58	1.57	1.54	1.65	1.94	1.93	1.93
WATER CONTENT (%)		48.51	61.395	65.69	69.66	70.98	76.96	58.11	26.69	30.425	31.67
CONSOLIDATION TEST	σ'c (t/m ²)	9.00	14.25	16	14.88	14.5	20	16.06	9.5	9.5	9.5
	VOID RATIO (E _v)	1.234	1.536	1.637	1.734	1.766	1.951	1.490	0.721	0.733	0.737
	COMPRESSION INDEX (CC)	0.3	0.54	0.62	0.61	0.60	0.44	0.34	0.16	0.16	0.16

LAPISAN	Tegangan Overburden			KONSOLIDASI					BERAT STRUKTUR TERHADAP TEGANGAN TANAH PER KEDALAMAN						
	σ ['] 0= γ.z (t/m ²)			OCR=σ'c/σ'0			Nilai Cc	Nilai Cs	m = $\frac{B}{z}$		n = $\frac{L}{z}$		B&L: sisi-sisi segi empat		Δσ'0 (t/m ²)
	ysat (t/m ³)	z (m) ditinjau	σ'0 (t/m ²)	σ'c (t/m ²)	OCR				Z = Kedalaman						
					ΔσZ=q _s .IZ										
1	1.72	1	0.72	9.00	12.53	OVER	0.30	0.05	B	L	Z	m	n	IZ	4.28
	2.5	2.5	1	2.50	2.50	0.24									
2	1.63	3	4.07	14.25	3.50	OVER	0.54	0.08	B	L	Z	m	n	IZ	2.69
	2.5	2.5	3	0.83	0.83	0.15									
3	1.58	5	5.29	14.88	2.81	OVER	0.61	0.09	B	L	Z	m	n	IZ	1.45
	2.5	2.5	5	0.50	0.50	0.08									
4	1.65	12	7.74	16.06	2.07	OVER	0.34	0.05	B	L	Z	m	n	IZ	0.35
	2.5	2.5	12	0.21	0.21	0.02									
5	1.93	21	13.47	16.06	1.19	OVER	0.16	0.02	B	L	Z	m	n	IZ	0.10
	2.5	2.5	21	0.12	0.12	0.01									

PERHITUNGAN PENURUNAN						
Nilai e ₀	Nilai (σ'0 + Δσ'0)	PERSAMAAN	PENURUNAN	Total Penurunan	Total Penurunan	Total Penurunan
	(t/m ²)		(m)	(m)	(cm)	(mm)
1.234	5.002	(σ'0 + Δσ) ≤ σ'c	0.03395	0.0631	6.31	63.07
1.536	6.759	(σ'0 + Δσ) ≤ σ'c	0.01403			
1.734	6.733	(σ'0 + Δσ) ≤ σ'c	0.01045			
1.490	8.092	(σ'0 + Δσ) ≤ σ'c	0.00463			
0.733	13.574	(σ'0 + Δσ) ≤ σ'c	0.00009			

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAPISAN TANAH	
Kedalaman (m)	Jenis Lapisan
0.00	URUGAN
2.00	
2.5	LAPISAN 1 Sandly Silty Clay (2.00 - 4.00)
3.00	
3.5	
4.00	LAPISAN 2 Sandly Silty Clay (4.00 - 6.00)
4.5	
5.00	
5.5	LAPISAN 3 Sandly Silty Clay (6.00 - 8.00)
6.00	
6.5	
7.00	LAPISAN 4 Sandly Silty Clay (8.00 - 20.00)
7.5	
8.00	
19.5	LAPISAN 5 Sandly Silty Clay (20.00 - 22.00)
20.00	
21.5	
22.00	

Lampiran 20 Data Perhitungan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Lampiran 21 Dokumentasi Lapangan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Lampiran 22 Dokumentasi Lapangan

**NEGERI
JAKARTA**

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Lampiran 23 Dokumentasi Lapangan

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 24 Dokumentasi Lapangan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**