

# Studi Numerik Pengaruh Kemiringan Lereng Alam Terhadap Konstruksi Timbunan

Maulana Rama Ardyansyah<sup>1</sup>, Mohammad Asyrofi<sup>2</sup>, Rinda Karlinasari<sup>3</sup>, dan Gata Dian Asfari<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Jalan Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112

<sup>1</sup>ramaardiansyah1@gmail.com

**Abstrak** – Kota Bandung merupakan kota yang terletak pada Provinsi Jawa Barat yang saat ini sedang memiliki 9 jalan tol yang telah beroperasi, yaitu Bocimi, Cipularang, Padaleunyi, Cipali, Palikanci, Cijangan, Soroja, Cisumdawu, Japek II Selatan. Dan ada satu lagi jalan tol yang saat ini sedang progres pengerjaan yaitu jalan tol Cigatas yang sedang diagarap oleh pemerintah sekertaris Daerah Kota Tasikmalaya. Target selesainya pembangunan jalan tol ini pada tahun 2024 jika tidak ada hambatan pada saat berjalanya pengerjaan. Pada Tugas Akhir dilakukan analisa kemiringan lereng alam terhadap konstruksi diatasnya pada STA 30+950. Pada permodelan dengan kemiringan sudut 10° terjadi penurunan total 7 cm setelah 1 tahun akhir konstruksi dan total penurunan 9 cm setelah 10 tahun akhir konstruksi serta angka faktor keamanan yaitu 1,679. Pada kemiringan sudut 20° terjadi penurunan total sebesar 65 cm setelah 1 tahun akhir konstruksi dan total penurunan sebesar 65 cm setelah 10 tahun akhir konstruksi serta angka faktor keamanan yaitu 1,346. Pada kemiringan sudut 25° tidak terjadi penurunan serta angka faktor kermanan yang didapat yaitu sebesar 1,334.

**Kata Kunci** : Jalan, Leren, Plaxis 8.2, Penurunan.

**Abstrak-** Bandung City is a city located in West Java Province which currently has 9 toll roads operational, namely Bocimi, Cipularang, Padaleunyi, Cipali, Palikanci, Cijangan, Soroja, Cisumdawu, Japek II Selatan. And there is another road that is currently ongoing, namely the Cigatas road which is being worked on by the Tasikmalaya city Regional Secretary government. The target for the completion of this road construction is in 2024 if there are not any obstacles during the development. In the ffinal project, the slope of the natural slope analysis of the development above it is administered at STA 30+950. In the model with a slope of 10°, there is a complete decrease of 7 cm after 1 year of the top of construction and a complete decrease of 9 cm after the top of 10 years of construction and therefore the factor of safety is 1,679. At an angle of 20°, there is a complete decrease of 65 cm after 1 year of the top of construction and a complete decrease of 65 cm after 10 years of the top of construction and therefore the factor of safety is 1.346. At an angle of 25° there's no decrease and therefore the number of safety factors obtained is 1.334.

**Keywords:** Road, Slope, Plaxis 8.2, Decrease.

## I. PENDAHULUAN

Sejarah jalan tol Indonesia dimulai di tahun 1978 menggunakan dioprasikannya jalan tol jagorawi dengan panjang 59 kilometer yang menghubungkan Jakarta, Bogor, dan Ciawi. Pembangunan jalan tol yang dimulai tahun 1975 ini dilakukan oleh pemerintah dengan dana dari anggaran pemerintah serta pinjaman luar negeri yang diserahkan kepada PT. Jasa Marga (Persero) Tbk. menjadi penyerta modal. Selanjutnya PT. Jasa Marga ditugaskan oleh pemerintah untuk membangun jalan tol menggunakan tanah yg didanai oleh pemerintah.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui sudut kemiringan lereng yang aman menggunakan *Software Plaxis 8.2* serta Menganalisa hasil perbandingan *Safety Factor* dengan hasil yang berbeda – beda dan Menganalisa hasil penurunan tanah yang diakibatkan konstruksi diatasnya

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum

Pengertian tanah secara umum yaitu material yang terdiri dari butiran-butiran material padat yang tidak terikat satu sama lain dan merupakan hasil dari pelapukan atau erosi batuan induk (anorganik) yang bercampuran dengan bahan organik disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

## 2.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah yang dilakukan dilapangan diantaranya sondir (DCP), pengujian Standard Penetration Test (SPT), pengeboran tanah dan lain-lain. Dari sampel tanah yang diambil dilapangan maka dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik tanah.

## 2.3 Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* (USCS) Sistem klasifikasi tanah berdasarkan dari hasil percobaan laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas yaitu sistem klasifikasi kesatuan tanah. Percobaan laboratorium yang dipakai yaitu analisis ukuran butir dan batas Atterberg. Semua tanah diberikan dua huruf penunjuk berdasarkan dari hasil percobaan ini. Sistem ini mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu:

1. Tanah butiran kasar (*coarse grained soil*)
2. Tanah berbutir halus (*fine – grained soils*)

## 2.4 Parameter Tanah

### 2.4.1 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Berdasarkan dari hasil pengujian sondir dari lapangan, yang memuat bacaan monometer tiap interval kedalaman per 20cm sampai kedalaman akhir konus, yaitu bacaan yang pertama berupa perlawanan konus ( $Q_s$ ) dan bacaan kedua berupa geser ( $Q_s+F_s$ ) yang digunakan untuk menentukan jenis tanah.

### 2.4.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Standard Penetration Test* (N-SPT)

Hubungan antara kepadatan tanah, berat jenis tanah kering, berat jenis tanah jenuh, nilai N-SPT,  $q_c$ , dan  $\emptyset$  adalah sebanding.

## 2.5 Penurunan Tanah

Ketika tanah dibebani oleh material lain maka tanah akan mengalami penurunan. Dalam ilmu Geoteknik, dikenal tiga jenis penurunan tanah, yaitu :

1. Penurunan Seketika (*Immediate Settlement*)
2. Penurunan Konsolidasi/Primer (*Consolidation Settlement*)
3. Penurunan Rangkap/Skunder (*Creep/Secondary Settlement*)

## 2.6 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng menunjukkan besarnya sudut lereng dalam persen atau drajat. Dua titik yang berjarak horizontal 100 meter yang mempunyai selisih 10 meter membekukan lereng 10 persen. Kecuraman lereng 100 persen sama dengan kecuraman 45 derajat.

## 2.7 Pemasatan Tanah

Pemasatan tanah yaitu suatu peningkatan kerapatan tanah untuk menghasilkan pemampatan partikel sehingga terjadi reduksi volume udara dengan menggunakan energi mekanis. Tingkat pemasatan tanah diukur dari berat volume kering yang telah didapatkan.

## 2.8 Timbunan Bertahap

Timbunan pada lapisan tanah berfungsi sebagai *preloading* yang mempercepat proses konsolidasi. Dengan terdistribusinya air pori lapisan tanah tersebut maka akan meningkatkan kuat geser tanahnya sehingga lapisan tanah tersebut maka dapat memikul beban yang besar.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Metode Pengumpulan Data

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi kasus pada pembangunan jalan tol CIGATAS (Cileunyi, Garut, Tasikmalaya) Bandung Jawa Barat STA 30 + 950. Sumber literatur atau pustaka dapat diperoleh dari beberapa jurnal, diklat, buku panduan, makalah penelitian maupun bacaan lain yang merupakan sumber dari referensi guna untuk memperoleh dasar mekanika tanah, pada tahapan ini dilakukan guna untuk mengetahui kemiringan lereng yang efektif/aman menggunakan perencanaan permodelan menggunakan *Plaxis 8.2*.

Data dibagi menjadi 2 macam, yaitu data primer dan data sekunder. Adapun data yang digunakan dalam tugas akhir ini termasuk data penyelidikan tanah yang diperoleh dari PT. ERKA KONSULTAN ENJINIRING. Selanjutnya dari data tersebut dilakukan pengolahan atau analisa.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Tinjauan Umum

Tahap hasil dan pembahasan pada bab ini yang dimaksud adalah hasil analisa data yang telah didapat dari pengolahan data yang didapat dari proyek pembangunan jalan tol cigatas (Cileunyi – Garut – Tasikmalaya) Bandung, Jawa Barat.

### 4.2 Data Analisa

#### 4.2.1 Data Parameter

Data parameter yang digunakan pada permodelan pembangunan jalan tol cigatas diuraikan sebagai berikut :

**Tabel 1.** Parameter Tanah

KEDALAMAN	NSPT	KONSISTENSI	E (KN/m <sup>2</sup> )	C (Kn/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (phi)	kx (m/d)	ky (m/d)	v	$\gamma$ dry (kn/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ sat (kn/m <sup>3</sup> )		
0	-	4	7	Medium Clay	7000	25	35	0,000864	0,000864	0,3	16	20
4	-	8	24	Medium Danse Sand	24000	1	30	0,0864	0,0864	0,3	16	18
8	-	10	50	Very Dense Sand	50000	1	41	0,00864	0,00864	0,3	18	19
10	-	12	50	Hard Clay	50000	200	37	0,00864	0,00864	0,3	20	20
12	-	14	50	Very Dense Sand	50000	1	41	0,00864	0,00864	0,3	18	19
14	-	18	20	Medium Danse Sand	20000	1	10	0,000864	0,000864	0,3	16	18
18	-	20	32	Dense Sand	32000	1	36	0,00864	0,00864	0,3	16	20
20	-	26	26	Medium Danse Sand	26000	1	30	0,000864	0,000864	0,3	16	18
26	-	32	41	Dense Sand	41000	1	36	0,00864	0,00864	0,3	16	20
32	-	34	50	Very Dense Sand	50000	1	41	0,00864	0,00864	0,3	18	19
34	-	36	27	Medium Dense Sand	27000	1	30	0,000864	0,000864	0,3	19	21
36	-	40	43	Dense Sand	43000	1	36	0,00864	0,00864	0,3	16	20

**Tabel 2.** Parameter Timbunan

KONSISTENSI	NSPT	E	$\gamma$ unsat	$\gamma$ sat	C (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (phi)	K sat (m/day)	v	e int	Cr
Timbunan	11	11000	12	13	10	25	0.1	0.3	0.6	-

**Tabel 3.** Parameter Material lain

No	Tipe	Material	EA (kN/m)	EI (kNm <sup>2</sup> /m)	d (m)	W (kN/m/m)	V	Np (kN/m)
1.	Elastis	Perkerasan	6.300E+06	4.730E+04	0,300	2,100	0,150	-

(Sumber : PT. ERKA KONSULTAN ENJINERING, Buku Mekanika Tnaha, Braja M. Das Jilid 2, Soil Mechanics & Foundation, Jhon Wiley & Sons 2000)

#### 4.2.2 Tahap Perhitungan

Pada tahap perhitungan selama masa konstruksi terdiri dari beberapa tahap (phase), mulai dari tahap konstruksi dan tahap konsolidasi, dimana pada tahap konstruksi timbunan dilakukan selama 7 hari dan 28 hari pada konstruksi perkerasan jalan, waktu konsolidasi konstruksi selamma 1 tahun, 3 tahun, dan 10 tahun, tahapan dan langkah-langkahnya yaitu pada tabel di bawah ini :

**Tabel 4.** Phase Perhitungan

Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	Time
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0.00 day
Timbunan 1m	1	0	Plastic	Staged Construction	7.00 day

Timbunan 2m	2	1	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Konsolidasi 2m	3	2	Consolidation	Staged Construction	14.00 day
Timbunan 3m	4	3	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Timbunan 4m	5	4	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Konsolidasi 4m	6	5	Consolidation	Staged Construction	14.00 day
Timbunan 5m	7	6	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Timbunan 6m	8	7	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Konsolidasi 6m	9	8	Consolidation	Staged Construction	14.00 day
Timbunan 7m	10	9	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Timbunan 8m	11	10	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Konsolidasi 8m	12	11	Consolidation	Staged Construction	14.00 day
Timbunan 9m	13	12	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Timbunan 10m	14	13	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Konsolidasi 10m	15	14	Consolidation	Staged Construction	14.00 day
Timbunan 11m	16	15	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Timbunan 12m	17	16	Plastic	Staged Construction	7.00 day
Konsolidasi 12m	18	17	Consolidation	Staged Construction	14.00 day

### 4.3 Analisa Data

*Plaxis* adalah salah satu program aplikasi komputer yang menghitung konsolidasi dengan menggunakan teori konsolidasi biot. Program ini yang terdiri dari empat buah sub program yaitu masukan, perhitungan, keluaran dan kurva. Berikut adalah tahapan-tahapan pada *software Plaxis*:

### 4.4 Hasil Perhitungan

Didapatkan hasilnya perhitungan dari program *Plaxis 8.2* berupa nilai total *penurunan tanah*, Tekanan air pori berlebih, dan angka faktor keamanan pada timbunan dengan derajat 10°, 20°, 25°.

Tabel 5. Penurunan

STA	PHASE	TIME	SETTLEMENT (m)		
			10	20	25
30+ 950	AKHIR KONSTRUKSI	429	1.22	1.36	1.62
	PEMBEBANAN	430	1.25	1.38	1.63

KONSOLIDASI 1 TAHUN	795	1.25	1.38	1.63
KONSOLIDASI 3 TAHUN	1525	1.25	1.38	1.63
KONSOLIDASI 10 TAHUN	4080	1.25	1.38	1.63
<b>AKHIR KONSTRUKSI - 1 TAHUN</b>		<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>
<b>AKHIR KONSTRUKSI - 10 TAHUN</b>		<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>

Dilihat dari hasil tabel diatas, bahwa penurunan dari lereng 10° total penurunan dari akhir konstruksi hingga konsolidasi 10 tahun adalah 3cm. dari lereng 20° didapat total penurunan sebesar 2 cm sejak akhir konstruksi hingga konsolidasi 10 tahun, lalu untuk kemiringan 25° didapat penurunan 1cm dari akhir konstruksi hingga konsolidasi 10 tahun.

#### 4.5 Pembahasan

Perhitungan faktor keamanan (*safety factor*) dilakukan dengan aplikasi *Plaxis 8.2*. perhitungan pada *plaxis* berdasarkan *morh coulomb*. Factor keamanan ini dihitung dengan geometri lapisan tanah yang didapat dari proyek pembangunan jalan tol cigatas (Cileunyi – Garut – Tasikmalaya) Bandung, Jawa Barat.

Permodelan diawali dari pembuatan permodelan dengan kemiringan lereng alam sebesar 10°, 20°, dan 25°. dengan begitu didapatkan hasil factor keamanan yang berbeda-beda. *Safety factor* tertinggi didapatkan dari permodelan kemiringan lereng 10°.

**Tabel 5.** *Safety Factor*

STA	NO	TAHAP PELAKSANAAN	SF		
			10	20	25
30+ 950	1	PERKERASAN	1.6785	1.347	1.334
	2	PEMBEBANAN	1.6817	1.407	1.312
	3	KONSOLIDASI 1 TAHUN	1.6792	1.412	1.319
	4	KONSOLIDASI 3 TAHUN	1.6793	1.412	1.319
	5	KONSOLIDASI 10 TAHUN	1.6794	1.412	1.319



**Gambar 1.** Grafik *Safety Factor*

Dilihat dari grafik perbandingan angka faktor keamanan diatas, pada permodelan dengan sudut kemiringan 10° lebih aman dikarenakan faktor keamanan lebih besar dari dua permodelan yang lain. Sedangkan pada permodelan dengan sudut kemiringan 20° dan sudut kemiringan 25° tidak terlalu signifikan hasil faktor keamanannya dikarenakan sudut kemiringan yang tidak berbeda jauh. Jadi dapat disimpulkan semakin terjal lereng alami semakin kecil faktor keamanan yang didapatkan serta semakin besar penurunan tanah pada konstruksi tersebut.

## V. SIMPULAN

1. Berdasarkan hasil perhitungan di atas dari *Software Plaxis 8.2* sudut yang dilakukan perbandingan yaitu sudut 10°, 20°, 25°. Dan yang paling aman untuk digunakan pada konstruksi timbunan diatasnya yaitu pada sudut 10°.
2. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada timbunan kemiringan lereng dilakukan perkerasan pada sudut kemiringan 10° dengan hasil sebesar 1,6785, pada sudut kemiringan 20° mendapatkan hasil perkerasan sebesar 1,347 dan pada sudut kemiringan 25° mendapatkan hasil perkerasan dengan hasil sebesar 1,334. Untuk pembebanan pada timbunan ini dilakukan pada sudut kemiringan 10° mendatkan hasil sebesar 1,6817, pada sudut kemiringan 20° mendapatkan hasil sebesar 1,407, dan pada sudut kemiringan 25° mendapatkan hasil sebesar 1,312. Dan dapat disimpulkan bahwa semakin besar tingkat kemiringan timbunan, maka semakin kecil nilai *Safety Factor* yang dihasilkan.
3. Setelah dilakukan konsolidasi selama 1 tahun penurunan tanah pada timbunan sudut 10° mendapatkan hasil sebesar 1,6792, pada kemiringan 20° mendptkan hasil sebesar 1,412, pada kemiringan 25° mendapatkan hasil sbesear 1,319. Dan pada konsolidasi 3 tahun didapatkan hasil di sudut 10° yaitu 1,6793, disudut 20° yaitu 1,412, dan disudut 25° yaitu 1,319. Pada konsolidasi 10 tahun didaptkan hasil pada sudut 10° yaitu 1,6794, pada sudut 20° yaitu 1,412, pada sudut 25° yaitu 1,319. Dapat disimpulkan bahwa semakin terjal kemiringan lereng maka akan semakin besar penurunan tanah, dan semakin kecil juga hasil *Safety Factor* yang didapatkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Allah Swt. yang telah memberikan kemudahan serta kelancaran dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Tidak lupa untuk kedua orang tua tercinta atas doa, motivasi, semangat, dan kasih sayang yang diberikan pada penulis. Terima kasih juga diberikan kepada khususnya dosen pembimbing dan para dosen yang telah memberikan ilmunya serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berkontribusi dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arsyad, S. 2000. *Koversasi Tanah dan Air*. IPB Bogor.
- [2] Bowles, E. J. & Henlim, J. K., 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: PT. Erlangga.
- [3] Bjerrum, L., da Simons, N. E., 1960, *Comparison of Shear Strength Characteristic of Normally Consolidated Clay, Research Conference on Shear Strength of Cohesive Soils*.
- [4] Craig, R. F., 1991. *Mekanika Tanah*. Jakarta: PT. Erlangga.
- [5] Das, Braja, M., 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I*, PT: Erlangga, Jakarta.
- [6] Gouw, D., Klepp, K. I., Vignerova, J., Lien, N., Steenhius, I. H., Wind, M. 2010. *Associations Between Diet and (in) Activity Behaviours with Overweigh and Obesity Among 10-18-Years-Old Czech Republic Adolescents*. *Public Health Nurt*, 13 (10A):1701-7
- [7] Mayerhof, G. G. 1965. *"Shallow Foundation."* *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers* Vol. 91, No. SM2: 21-32.
- [8] Puslittanak, 2003., *Usaha pada Lahan Kering, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Peranian*, Bogor.
- [9] Salim, E.H. 1998., *"Pengelolaan Tanah"*. *Karya Tulis. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran*. Bandung.
- [10] Sumaryoto, 2010. *Dampak Keberadaan Jalan Tol Terhadap Kondisi Fisik, Sosial, dan Ekonomi Lingkungannya, Volume I No, 2 agustus 2010. Universitas Sebeas Maret, Solo*.
- [11] Terzaghi, K. and Peck, R.B., 1948, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Wiley, New York.
- [12] Wesley, L.d., 1997. *Mekanika Tanah, Pekerjaan Umum Jakarta*.