



E-ISSN: 2621-4146

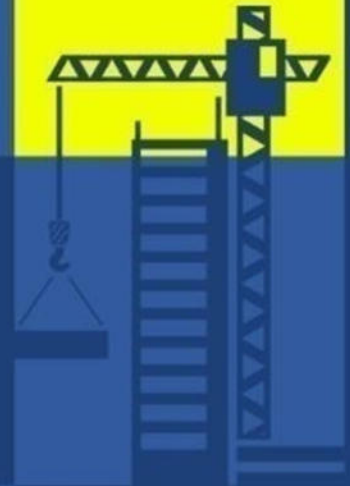
Volume 3

Des 2020

Indonesian Journal of

# CESD

## Construction Engineering and Sustainable Development



[indones.j.constr.eng.sustain.dev](http://indones.j.constr.eng.sustain.dev)

Volume 3

No. 2

Hal  
49 - 115

Jakarta,  
Desember 2020

ISSN  
2621-4146

[Home](#) > [Vol 4, No 1 \(2021\)](#)

## INDONESIAN JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT (CESD)

ISSN 2621-4146 (Online)



Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (CESD) has been published since 2018 by the Department of Civil Engineering, Faculty of Architecture and Planning, Universitas Trisakti in association with the Construction services development Board of Jakarta (LPJK). This journal was previously known as "Jurnal Teknik Sipil" Since 2011. CESD is published regularly twice a year (June and December) and is currently indexed in Google Scholar. CESD is an open access peer reviewed journal, publishing theoretical papers, practise-oriented papers including case studies, state-of-the-art reviews by individuals, researchers and academia, experts in the field of Civil Engineering. Articles can be submitted in Bahasa or English. Associate Editors or Reviewers are also welcome. Our goal is to provide a scientific and technical background of the most recent achievements in civil engineering, Especially structural engineering, transportation structures, water and geotechnical engineering and sustainability in construction management.

For further information, please contact the editorial secretariat at email: [cesd@trisakti.ac.id](mailto:cesd@trisakti.ac.id)

## ANNOUNCEMENTS

### PUBLISHING ONLINE CESD VOL 3 NO.2

Dear colleagues, we would like to inform you that Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (CESD) Vol.3 No.2 has already published online at <https://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/sipil/issue/archive>. We wait for your possibility participation. If any further question, feel free to contact us by sending email at [dina.hidayat@trisakti.ac.id](mailto:dina.hidayat@trisakti.ac.id) (CESD Journal Editor). Thank you,happy reading

Posted: 2020-12-30

[More Announcements...](#)

[Author Guideline](#)

[Reviewer Approval Form](#)

[Focus and Scope](#)

[Publication Ethics](#)

[Editorial Boards](#)

[Reviewer Acknowledgement](#)

[Peer Review Process](#)

[Article Processing Charges](#)

[Plagiarism Check](#)

[Copy Editing and Proofreading](#)

[Unique Visitors](#)

[Mailing Address](#)

### REFERENCE MANAGER



### TEMPLATE ARTICLE



Home > Archives > Vol 3, No 2 (2020)

VOL 3, NO 2 (2020)

INDONESIAN JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT (CESD)

## TABLE OF CONTENTS

### ARTICLES

<b>PREFACE</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8557 PREFACE PREFACE	PDF
10.25105/cesd.v3i2.8557 Abstract views : 0   PDF views : 0 <b>PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAJA TERHADAP SIFAT MEKANIS REACTIVE POWDER CONCRETE</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8320 shandy trisakti pading lewa, Patria Kusumaningrum	49-53 PDF
10.25105/cesd.v3i2.8320 Abstract views : 0   PDF views : 0 <b>Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Model Numerik 3 Dimensi Studi Kasus Lereng Sekolah Terpadu di Kecamatan Jonggol Bogor</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8323 desti santi pratiwi, Nirpan Lesmana, Indra Noer Hamdhan	54-63 PDF
10.25105/cesd.v3i2.8323 Abstract views : 0   PDF views : 0 <b>PERSEPSI MAHASISWA TEKNIK SIPIL TERHADAP PROSES BELAJAR MENGAJAR SECARA ONLINE DI MASA PANDEMI COVID-19</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8324 julia damayanti, Girdaldi Kuswanda	64-72 PDF
10.25105/cesd.v3i2.8324 Abstract views : 0   PDF views : 0 <b>KETAHANAN DEFORMASI PERMANEN CAMPURAN BERASPAL PANAS LAPIS AC-BC MENGGUNAKAN LIMBAH BETON MUTU K-250</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8325 galih wulandari subagyo	73-79 PDF
10.25105/cesd.v3i2.8325 Abstract views : 0   PDF views : 0 <b>PENGELOLAAN RISIKO PEMBANGUNAN JALAN TOL SERPONG – CINERE</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.6508 Dendi Purwana	80-85 PDF
10.25105/cesd.v3i2.6508 Abstract views : 0   PDF views : 0 <b>PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP KINERJA BIAYA PROYEK PEMASANGAN JEMBATAN PIPA AIR MINUM BANJARNEGARA</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8550 zulkifli zulkifli, Andi T	86-96 PDF
10.25105/cesd.v3i2.8550 Abstract views : 0   PDF views : 0 <b>Identifikasi Efektifitas Faktor Pada Proses Kerja Engineering Kontraktor di Proyek Konstruksi Secara Jarak Jauh di Masa Pandemi Covid-19</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8551 Ryan Faza Prasetyo	97-103 PDF
10.25105/cesd.v3i2.8551 Abstract views : 0   PDF views : 0 <b>REDUKSI DEBIT LIMPASAN DENGAN MENERAPKAN SISTEM EKODRAINASE PADA KAWASAN PERUMAHAN</b> DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8552 Athallah manto, Trihono Kadri	104-109 PDF

Author Guideline

Reviewer Approval Form

Focus and Scope

Publication Ethics

Editorial Boards

Reviewer Acknowledgement

Peer Review Process

Article Processing Charges

Plagiarism Check

Copy Editing and Proofreading

Unique Visitors

Mailing Address

### REFERENCE MANAGER



### TEMPLATE ARTICLE



### IN COLLABORATION WITH



### JOURNAL CONTENT

Search Scope

10.25105/cesd.v3i2.8552 Abstract views : 0 | PDF views : 0

PERANCANGAN EFEKTIVITAS PERBAIKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN

110-115 PDF

DOI : 10.25105/cesd.v3i2.8553

Priscilla azzahra chairani



10.25105/cesd.v3i2.8553 Abstract views : 0 | PDF views : 0

INDONESIAN JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT (CESD) Indexed  
by:



Search Scope

All

SEARCH

Browse  
By Issue  
By Author  
By Title  
Other Journals

USER

Username

Password

Remember me

LOGIN

VISITORS



[View My Stats](#)

[View My Stats](#)



## Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Model Numerik 3 Dimensi Studi Kasus Lereng Sekolah Terpadu di Kecamatan Jonggol Bogor

\*Desti Santi Pratiwi<sup>1</sup>, Nirpan Lesmana<sup>2</sup>, Indra Noer Hamdhan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut Teknologi Nasional Bandung

<sup>2, 3</sup>Institut Teknologi Nasional Bandung

<sup>\*</sup>Penulis korespondensi

### Abstract

*Slope is the surface of the earth that forms an inclination angle, that it has the potential for landslides. Landslide will be occurred by several factors, such as steep slopes, large loads, high rain intensity, poor drainage systems, high ground water levels and others. Therefore, slope stability analysis is needed to ensured that the slopes are safe from landslides potential which injured many people. As for the prevention and handling of landslides that can be done, such as changing the geometry of the slopes, improving the drainage system, providing slope reinforcement such as gabions, retaining walls, poles and others. This study aims to determine the effect of water level on the stability of the existing slope and which has been reinforced by bored piles using a 3-dimensional numerical model. The case study reviewed is the slope in the Integrated School in Bendungan Village, Jonggol District, Bogor Regency. The results of the analysis show that in the existing conditions with a normal water level, the value of the safety factor (SF) is 1.16, and when the water level is critical, the SF value is 1.14. Whereas in slope conditions with the reinforcement of the bored pile, the analysis results show that the SF value with normal water level is 2.33 and when the water level is critical is 1.58. The results of the analysis with the reinforcement of the drill pile show that the SF value is more than 1.5 so that the slope is safe from landslide based on SNI 8460 of 2017.*

**Keywords:** *Slope, landslide, ground water table, safety factor, 3D numeric*

### Abstrak

*Lereng merupakan permukaan bumi yang membentuk suatu kemiringan sehingga berpotensi mengalami kelongsoran. Kelongsoran dapat terjadi akibat beberapa faktor, seperti kemiringan yang curam, beban yang besar, intensitas hujan yang tinggi, buruknya sistem drainase, tingginya muka air tanah dan lain-lain. Oleh karena itu diperlukannya analisis stabilitas lereng agar lereng aman terhadap bahaya longsor yang dapat merugikan masyarakat. Adapun upaya pencegahan dan penanganan longsoran yang dapat dilakukan, seperti mengubah geometri lereng, memperbaiki sistem drainase, memberikan perkuatan lereng seperti bronjong, dinding penahan tanah, tiang dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi muka air terhadap kestabilan lereng eksisting dan yang telah diperkuat tiang bor menggunakan model numerik 3 Dimensi. Studi kasus yang ditinjau yaitu lereng di Sekolah Terpadu Desa Bendungan Kecamatan Jonggol Kabupaten Bogor. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting dengan muka air normal nilai Faktor Keamanan (FK) yang didapat yaitu sebesar 1,16, dan ketika muka air kritis nilai FK sebesar 1,14. Sedangkan pada kondisi lereng dengan perkuatan tiang bor, hasil analisis menunjukkan bahwa nilai FK dengan muka air normal sebesar 2,33 dan ketika muka air kritis sebesar 1,58. Hasil analisis dengan perkuatan tiang bor menunjukkan nilai FK lebih dari 1,5 sehingga lereng dapat dikatakan aman dari bahaya longsoran berdasarkan SNI 8460 tahun 2017.*

**Kata kunci:** *lereng, longsor, muka air tanah, faktor keamanan, numerik 3D*

## Pendahuluan

Lereng adalah suatu permukaan yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Tanah longsor atau gerakan tanah didefinisikan sebagai gerakan menuruni lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Menurut Das dan Sobhan (2013), permukaan tanah tidak terlindungi yang memiliki sudut terhadap bidang horizontal disebut lereng tidak terkendali. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia.

Cruden dan Varnes (1996) mengklasifikasikan kegagalan lereng ke dalam lima kategori utama, yaitu:

1. Jatuhnya (*Fall*), yaitu jatuhnya fragmen tanah dan/atau batu pada lereng.
2. Runtuhan (*Topple*), yaitu rotasi ke depan dari tanah dan/atau massa batuan di bawah pusat gravitasi dari massa yang dipindahkan.
3. Geser (*Slide*), yaitu gerakan ke bawah dari massa tanah yang terjadi pada permukaan gelincir.
4. Sebaran (*Spread*), yaitu pergerakan tiba-tiba lapisan pasir atau lumpur di atas lapisan air akibat pemberian beban di atasnya.
5. Aliran (*Flow*), yaitu gerakan massa tanah yang mirip dengan cairan yang kental.

Permukaan tanah yang tidak datar dan memiliki kemiringan tertentu terhadap bidang horizontal yang dapat menyebabkan komponen berat tanah yang sejajar sehingga diperlukan suatu cara untuk menjaga stabilitas lereng, salah satunya adalah dengan perkuatan lereng. Perkuatan lereng dibutuhkan agar tidak terjadi keruntuhan akibat beban di atasnya., salah satunya dengan penggunaan dinding penahan tanah dan tiang bor.

Menurut SNI (2017) dinding penahan tanah dapat diartikan sebagai sebuah bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah akibat kemiringan yang curam. Fungsinya adalah untuk menahan besarnya gaya tekanan tanah arah lateral akibat parameter tanah yang buruk sehingga dapat mencegah keruntuhan berupa longsor. Dinding penahan tanah atau bisa disebut DPT memiliki beberapa jenis tergantung dari kebutuhan dan tinggi tanah yang akan ditahan oleh DPT. Menurut Das (2014), terdapat 4 jenis dinding penahan tanah yang lazim digunakan, seperti berikut ini:

1. Dinding penahan *gravity*
2. Dinding penahan *semi gravity*
3. Dinding penahan tanah kantilever

## 4. Dinding penahan tanah *counterfort*

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis kestabilan lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah (DPT) kantilever yang dikombinasikan dengan tiang bor menggunakan metode surface modeling tiga dimensi pada Program Numerik PLAXIS 3D. Adapun lokasi studi kasus yang ditinjau yaitu lokasi longsor di Desa Bendungan, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Longsor yang terjadi menyebabkan kerusakan pada Sekolah Terpadu dan struktur perkuatan yang sudah ada berupa bronjong. Pemodelan menggunakan surface modeling diharapkan dapat merepresentasikan lereng pada kondisi di lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kenaikan nilai faktor keamanan akibat adanya perkuatan lereng berupa dinding penahan tanah dan tiang bor untuk pengamanan longsor di lereng Sekolah Terpadu Desa Bendungan.

## Metode

### Kriteria Perancangan Stabilitas Lereng

Permukaan tanah yang tidak datar dan memiliki kemiringan tertentu terhadap bidang horizontal yang dapat menyebabkan komponen berat tanah yang sejajar sehingga diperlukan suatu cara untuk menjaga stabilitas lereng, salah satunya adalah dengan perkuatan lereng. Perkuatan lereng dibutuhkan agar tidak terjadi keruntuhan akibat beban di atasnya. Dalam melakukan perancangan stabilitas lereng diperlukan kriteria – kriteria guna menunjang modelisasi lereng agar memiliki stabilitas yang baik. Berikut beberapa kriteria desain yang dapat digunakan menurut SNI 8460 Tahun 2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.

#### 1. Kriteria Beban Hidup

Analisis stabilitas lereng harus mempertimbangkan beban hidup (*live load*) dan mati (*dead load*) sesuai peruntukan lereng galian dan timbunan. Beban tambahan (*surcharge load*) 10 kN/m<sup>2</sup> perlu diterapkan untuk memperhitungkan beban yang bekerja pada permukaan atas lereng kecuali ada persyaratan lain sesuai peruntukannya.

#### 2. Kriteria Pembebanan

Analisis stabilitas lereng perlu mempertimbangkan beban – beban yang bekerja pada lereng sesuai dengan peruntukannya. Salah satunya adalah beban diluar lalu lintas. Beban diluar lalu lintas ini ditambahkan pada bagian atas lereng yang

memang terbebani. Kriteria pembebanan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas dan Beban di Luar Jalan (SNI 8460:2017)

Kelas Jalan	Beban lalu lintas [kN/m <sup>2</sup> ]	Beban di luar jalan (*) [kN/m <sup>2</sup> ]
I	15	10
II	12	10
III	12	10

Keterangan : (\*) Beban dari bangunan rumah - rumah sekitar lereng

### 3. Kriteria Faktor Keamanan

Keamanan atau stabilitas lereng dapat didefinisikan berdasarkan besaran faktor keamanan SF pada lereng tersebut. pada penelitian ini kriteria keamanan pada lereng mengacu pada SNI 8460 Tahun 2017 mengenai Persyaratan Perancangan Geoteknik. Kriteria nilai faktor keamanan untuk lereng seperti pada Tabel 2.

### 4. Kriteria Kegempaan

Menurut SNI 8460 (2017) mengenai Persyaratan Perancangan Geoteknik kriteria perancangan gempa rencana untuk tiap-tiap infrastruktur diperlihatkan pada struktur dan komponennya harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan beban gempa rencana sesuai dengan kriteria batas deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Salah satunya kriteria perancangan gempa pada dinding penahan tanah dengan umur rencana 75 tahun dengan probabilitas 7% sehingga menghasilkan periode ulang 1000 tahun dan faktor keamanan (FK) > 1,1 terhadap beban pseudostatik.

Metode kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium Methods*) menggunakan gaya seismik yang direpresentasikan dalam model pseudostatik. Koefisien seismik yang digunakan adalah percepatan puncak di permukaan (PGA). Koefisien seismik horizontal (kh), ditentukan sebesar 0,5 dari percepatan puncak horizontal dengan penentuan kelas situs dan faktor amplifikasi. Jika ditulis dalam sebuah rumus seperti pada Persamaan 1 (SNI, 2017).

$$kh = 0,5 PGA \quad (1)$$

Setelah mendapatkan nilai koefisien seismik kemudian menentukan nilai koefisien gempa (a). Koefisien gempa dapat ditentukan berdasarkan nilai koefisien seismik (kh) dikalikan dengan nilai faktor amplifikasi (FPGA) seperti pada Persamaan

2. Nilai koefisien gempa ini merupakan nilai yang di-input pada program PLAXIS 3D.

$$a = kh \times F_{PGA} \quad (2)$$

Faktor amplifikasi PGA dan periode 0,2 detik berdasarkan kelas situsnya ditentukan berdasarkan Tabel 3.

### Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Pengecekan stabilitas dinding penahan tanah ditinjau berdasarkan guling, geser, dan daya dukung tanah. Faktor keamanan yang diisyaratkan untuk dinding penahan tanah berdasarkan SNI 8460:2017 mengenai Persyaratan Perancangan Geoteknik adalah sebagai berikut:

1. Faktor keamanan terhadap guling minimal 2
2. Faktor keamanan terhadap geser lateral minimal 1,5
3. Faktor keamanan terhadap daya dukung minimal 3
4. Faktor keamanan terhadap stabilitas global minimal 1,5
5. Faktor keamanan terhadap beban gempa minimal 1,1

### Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik yang sering digunakan dalam membuat persamaan matematis dengan berbagai pendekatan dan rangkaian persamaan aljabar dengan melibatkan nilai – nilai pada titik – titik diskrit pada bagian yang dievaluasi. Metode elemen hingga umumnya digunakan membagi tanah menjadi unit – unit pisah yang disebut elemen hingga. Hal ini dapat dilihat pada. Unsur – unsur saling berhubungan pada titik simpulnya (nodes) dan batas yang sudah ditentukan. Permusuan elemen hingga digunakan pada aplikasi geoteknik yang menghasilkan tekanan, penurunan, dan tegangan pada titik simpul. Salah satu program aplikasi yang menggunakan metode elemen hingga adalah PLAXIS.

### Metode Shear Strength Reduction

Metode *shear strength reduction* atau biasa disebut *phi-c reduction* merupakan suatu metode yang dimanfaatkan untuk menentukan suatu nilai faktor keamanan dengan pendekatan elemen hingga seperti pada Persamaan 3 (Brinkgreve et al, 2016).

$$SF = \frac{c}{c_{reduce}} = \frac{\tan(\phi)}{\tan(\phi_{reducaton})} \quad (3)$$

Pendekatan metode shear strength reduction dari elemen hingga seperti pada Persamaan 4

$$S = D . e \quad (4)$$

dengan  $S = Stress$ ,  $D =$  Matriks kekakuan/ *stiffness matrix*,  $e = strains$  / regangan

Nilai kuat geser tanah (*shear strength*) tanah yang direduksi akan mempengaruhi input dan output dari matriks – matriks diatas sehingga dengan suatu pendekatan tertentu akan menghasilkan suatu nilai faktor keamanan yang akan konvergen pada suatu batasan tertentu (galat/jumlah iterasi maksimum).

Beberapa kelebihan dan kelemahan metode shear strength reduction adalah sebagai berikut :

1. Metode  $\phi - c$  reduction dapat menghasilkan displacement
2. Metode  $\phi - c$  reduction dapat menghasilkan hubungan antara SF dengan *time*, *step* iterasi, *water pressure* dan *load increment*.
3. Metode  $\phi - c$  reduction dapat diterapkan pada kondisi geometri yang berubah (mencakup *stage of construction*) atau dalam ringkasnya dapat mensimulasikan apa yang kita kenal sebagai *stress-path* dari suatu material tanah.
4. Metode  $\phi - c$  reduction cocok untuk pendekatan elemen hingga (*finite element*).
5. Metode  $\phi - c$  reduction tidak dapat menghasilkan output gaya-gaya yang terjadi.

### Tahapan Analisis

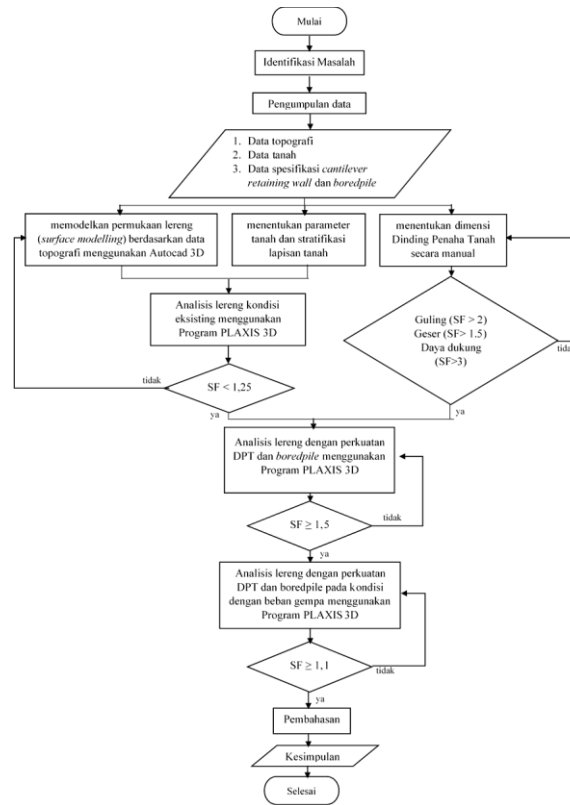
Tahapan-tahapan analisis data yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1. yang merupakan bagan alir analisis penelitian.

### Lokasi Penelitian

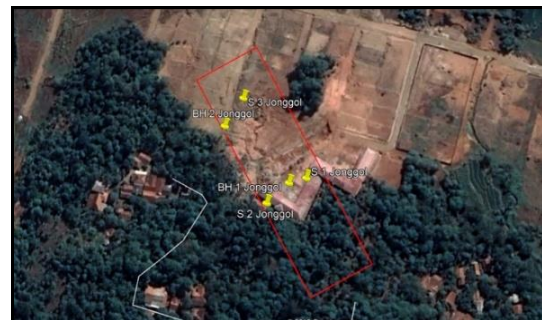
Daerah lokasi terjadinya longsor terletak di Sekolah Terpadu Desa Bendungan, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat dengan koordinat pada GPS yaitu (-6,503216 ; 107,079996). Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2 yang merupakan lokasi dimana terjadinya longsor.

### Geometri Lereng

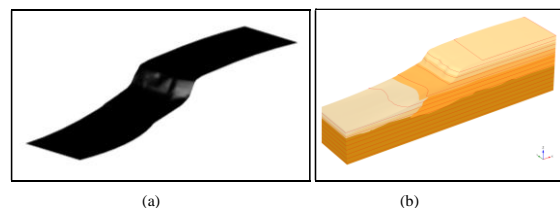
Pemodelan geometri berawal dari pemodelan permukaan lereng hingga stratigrafi lapisan tanah pada lereng dengan model 3 dimensi. Pembuatan surface modeling dilakukan dengan menggunakan Program Autocad 3D yang selanjutnya di-inputkan pada Program PLAXIS 3D untuk dianalisis stabilitasnya. Daerah atau luasan yang ditinjau adalah 210 meter untuk panjangnya dan 40 meter untuk lebar seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Bagan alir penelitian



Gambar 2. Lokasi penelitian dan luas area yang diteliti.



Gambar 3. Geometri lereng (a) *surface modeling* di Autocad 3D (b) geometri lereng di PLAXIS 3D



### Parameter Spesifikasi Struktur

Parameter struktur yang digunakan sebagai bahan perkuatan diperoleh berdasarkan kapasitas struktur dalam menerima beban atau gaya – gaya yang bekerja pada struktur dinding penahan tanah dan tiang bor. Parameter perkuatan lereng yang digunakan pada analisis ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 2. Parameter Perkuatan Lereng

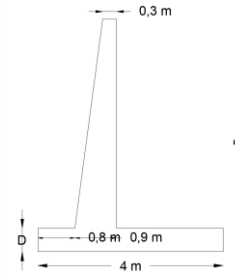
Parameter	DPT	Tiang Bor	Satuan
$\gamma_c$	24	24	[kN/m <sup>2</sup> ]
$F_c'$ (mutu beton)	30	30	[MPa]
$E$ (modulus elastisitas)	25742	25742	[MPa]
Kedalaman	-	10	[m]
Diameter	-	60	[cm]

### Parameter Tanah

Data parameter tanah diperoleh dari hasil perbandingan antara korelasi data lapangan berupa pengujian SPT dengan hasil uji laboratorium. Dari perbandingan tersebut akan dipilih parameter dengan nilai terkecil, dikarenakan ingin meninjau kondisi paling kritis. Parameter hasil korelasi dan pengujian laboratorium pada titik BH 1 ditunjukkan pada Tabel 5 Sedangkan pada titik BH 2 ditunjukkan pada Tabel 6.

### Analisis Stabilitas Lokal

Stabilitas pada dinding penahan tanah merupakan satu hal yang penting dalam melakukan desain dinding penahan tanah agar tidak terjadi keruntuhan pada dinding penahan tanah itu sendiri akibat gaya momen, gaya geser atau akibat daya dukung tanah yang buruk. Dimensi DPT yang digunakan pada pemodelan ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini. Pada dimensi DPT terdapat nilai D yang divariasikan dimana merupakan ketebalan tanah yang berada di depan kaki DPT yang berfungsi sebagai tekanan tanah pasif untuk stabilisasi DPT. Dimensi tiang bor yang digunakan, yaitu berdiameter 600 mm, tinggi tiang 10m, jarak antar tiang 1,8 m dengan pola zig – zag. Hasil analisis stabilitas lokal disajikan pada Tabel 7.

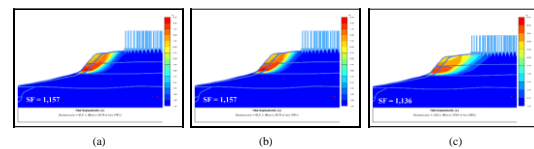


Gambar 4. Dimensi dinding penahan tanah

### Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Eksisting

Analisis stabilitas lereng eksisting di lokasi penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi lereng pada saat ini dimana telah mengalami longsor. Kondisi eksisting dimodelkan dengan mempertimbangkan lokasi muka air tanah (MAT) yang dapat menyebabkan longsor. Adapun kondisi muka air tanah yang dimodelkan, yaitu tanpa muka air tanah, muka air tanah normal, dan muka air tanah kritis. Kedalaman muka air tanah normal diambil berdasarkan pengujian bor dalam di lapangan, sedangkan muka air tanah kritis dimodelkan dengan permukaan air tanah berada di permukaan lereng.

Hasil dari analisis stabilitas lereng ini yaitu berupa nilai Faktor Keamanan (FK). Pada kondisi tidak terdapat MAT dan MAT normal, nilai FK yang didapat sebesar 1,157 sedangkan pada kondisi MAT kritis didapat FK sebesar 1.136. Diagram bidang gelincir untuk masing-masing kondisi muka air tanah pada lereng eksisting ditunjukkan pada Gambar 4.



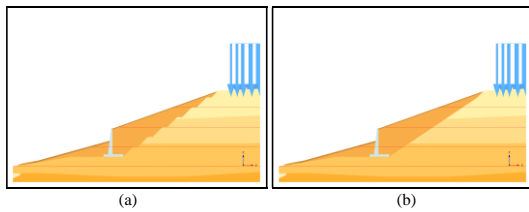
Gambar 5. Bidang gelincir pada kondisi (a) tanpa MAT, (b) MAT normal, (c) MAT kritis.

### Tahapan Metode Konstruksi

Tahapan metode konstruksi yang dilakukan dalam analisis, yaitu sebagai berikut:

1. Tahap Awal (*initial phase*), meliputi pembuatan geometri lereng, stratigrafi lapisan tanah, kondisi muka air tanah, dan parameter tanah kondisi eksisting
2. Tahap kedua, meliputi pekerjaan galian hingga kedalaman 10 m. Galian dilakukan hingga kedalaman 10 m. Galian dilakukan per  $\pm 2$  meter, sehingga terdapat 5 tahap galian. Galian yang dilakukan dibuat bertangga dan tidak (lurus).
3. Tahap ketiga adalah pemasangan DPT dan tiang bor sebagai perkuatan lereng

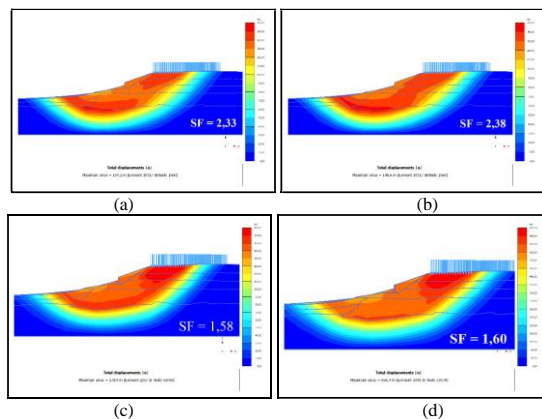
4. Tahap terakhir adalah penimbunan kembali tanah di belakang DPT dengan tinggi timbunan pertahap ±2 meter



Gambar 6. Geometri lereng dengan perkuatan berdasarkan jenis galian (a) bertangga, (b) lurus

### Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis stabilitas lereng menggunakan program PLAXIS 3D berupa nilai Faktor Keamanan (FK) dan bidang gelincir pada kondisi tanpa MAT, MAT normal, dan MAT kritis. Berdasarkan kriteria desain SNI 8460 Tahun 2017 yang telah disebutkan di atas, nilai FK minimum yang digunakan yaitu sebesar 1,5. Sehingga lereng dapat dikatakan aman jika nilai FK yang diperoleh setelah adanya perkuatan sebesar 1,5. Hasil analisis stabilitas lereng berupa diagram bidang longsor ditunjukkan pada Gambar 7, sedangkan rekapitulasi nilai FK ditunjukkan pada Tabel 8 di bawah ini



Gambar 7. Bidang gelincir dengan perkuatan (a) tanpa MAT dan MAT normal geometri bertangga, (b) tanpa MAT dan MAT normal geometri lurus, (c) MAT kritis geometri bertangga, (d) MAT kritis geometri lurus

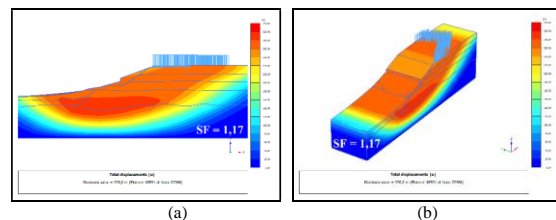
Tabel 3. Nilai Faktor Keamanan Hasil Analisis

No	Kondisi	Nilai Faktor Keamanan (FK)	
		Geometri Bertangga	Geometri Lurus
1	Tanpa MAT	2.33	2.38
2	MAT normal	2.33	2.38
3	MAT kritis	1.58	1.60

### Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Terhadap Gaya Gempa

Kriteria perancangan gempa rencana pada struktur dinding penahan tanah memiliki umur rencana selama 75 tahun dengan probabilitas 7% sehingga memiliki periode ulang selama 1000 tahun dengan nilai faktor keamanan (FK) > 1,1 terhadap beban pseudostatik. Penentuan percepatan gempa di permukaan desain didasarkan atas klasifikasi situs berdasarkan jenis tanah. Pada lokasi longoran tepatnya pada daerah Jonggol penentuan kelas situs didasarkan atas nilai NSPT rata - rata. Diperoleh nilai rata - rata NSPT pada titik BH 1 adalah sebesar 34 sehingga kelas situs termasuk kedalam klasifikasi situs tanah sedang (SD).

Metode yang digunakan dalam analisis gempa adalah keseimbangan batas yang direpresentasikan dalam model pseudostatik. Koefisien seismik yang digunakan adalah percepatan puncak dipermukaan (PGA), nilai PGA pada lokasi penelitian diperoleh sebesar 0,326g yang didapatkan berdasarkan Peta PUSGEN Tahun 2017. Menurut SNI (2017) tentang Perancangan Geoteknik, nilai koefisien seismik ditentukan sebesar 0,5 dari percepatan puncak horizontal (PGA) dengan penentuan kelas situs dan faktor amplifikasi.



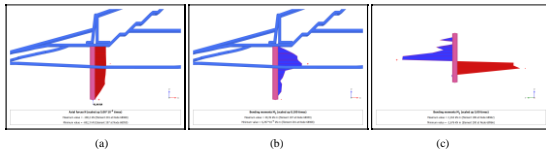
Gambar 8. Bidang gelincir kondisi MAT Normal akibat beban gempa (a) tampak samping, (b) tampak 3D

Setelah mendapatkan nilai koefisien seismik selanjutnya adalah menentukan koefisien gempa (a). Nilai koefisien gempa (a) dapat ditentukan berdasarkan nilai koefisien seismik (kh) dikalikan dengan nilai faktor amplifikasi (FPGA). Sehingga diperoleh nilai koefisien gempa yang digunakan pada pemodelan sebesar 0,191g. Analisis gempa dilakukan pada kondisi muka air normal dengan analisis jangka panjang (long term). Hasil analisis berupa gambar bidang gelincir dan nilai FK akibat beban gempa ditunjukkan pada Gambar 8.

### Penulangan Tiang Bor

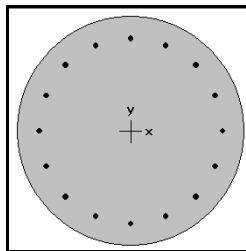
Hasil analisis berupa gaya dalam yang dihasilkan menggunakan Program PLAXIS 3D pada penelitian ini, yaitu berupa beban aksial dan bending momen. Gaya-gaya dalam tersebut digunakan untuk menentukan penulangan pada bangunan struktur, yaitu tiang bor. Gaya aksial

maksimum yang terjadi pada tiang bor yaitu sebesar -100 kN, sedangkan untuk bending momen yaitu sebesar 49,39 kNm. Diagram gaya dalam tersebut ditunjukkan pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Diagram gaya dalam (a) Aksial, (b) Momen arah x, (c) Momen arah y.

Setelah mendapatkan besarnya gaya dalam yang terjadi, selanjutnya menentukan desain penulangan menggunakan bantuan Program H PCA-Coloumn. Hasil analisis diperoleh menunjukkan bahwa tulangan yang dibutuhkan sebanyak 16 buah tulangan dengan diameter 16 mm. Gambar penulangan ditunjukkan pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Hasil analisis penulang menggunakan Program PCA-Column.

## Kesimpulan

Setelah dilakukannya analisis stabilitas lereng di lokasi longoran Sekolah Terpadu Desa Bendungan, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat, maka didapatkan beberapa kesimpulan seperti berikut:

1. Metode *surface modeling* dapat diterapkan dalam program PLAXIS 3D sehingga model lereng dapat merepresetasikan keadaan dilapangan dengan memperhatikan stratigrafi lapisan tanah.
2. Hasil analisis stabilitas lokal dapat dikatakan baik sehingga dimensi dinding penahan tanah sudah proposional. Nilai SF pada *overtuning* sebesar  $4,14 > 2$  (aman), Nilai SF pada *sliding* sebesar  $2,15 > 1,5$  (aman), Nilai SF pada *bearing capacity* sebesar  $7,52 > 3$  (aman).
3. Hasil analisis stabilitas lereng eksisting kondisi tanpa MAT dan MAT normal memiliki nilai FK sebesar 1,157 sedangkan pada kondisi MAT kritis nilai FK sebesar

1,136. Kedua kondisi tersebut menunjukkan kondisi lereng tidak aman karena  $FK < 1,5$ .

4. Hasil analisis stabilitas lereng kondisi dengan perkuatan dan tipe galian bertangga tanpa MAT dan MAT normal memiliki nilai FK sebesar 2,33 sedangkan pada kondisi MAT kritis nilai FK sebesar 1,58. Ketiga kondisi tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng dengan perkuatan telah memenuhi syarat berdasarkan SNI 8460 Tahun 2017 yaitu  $FK > 1,5$ .
5. Hasil analisis stabilitas lereng kondisi dengan perkuatan dan tipe galian lurus tanpa MAT dan MAT normal memiliki nilai FK sebesar 2,33 sedangkan pada kondisi MAT kritis nilai FK sebesar 1,58. Ketiga kondisi tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng dengan perkuatan telah memenuhi syarat berdasarkan SNI 8460 Tahun 2017 yaitu  $FK > 1,5$ .
6. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa adanya kenaikan nilai Faktor Keamanan dari kondisi eksisting ke kondisi perkuatan sebesar 101% untuk kondisi tanpa MAT dan MAT normal, dan sebesar 39% untuk kondisi MAT kritis.
7. Berdasarkan hasil analisis, tipe galian tidak berpengaruh besar terhadap stabilitas lereng pada penelitian ini.
8. Setelah diberikan perkuatan berupa dinding penahan tanah dan tiang bor dengan analisis gempa pseudostatik diperoleh nilai faktor keamanan pada kondisi MAT normal sebesar 1,17 dan kondisi MAT kritis  $FK < 1,1$ . Sedangkan bila tidak menggunakan tiang bor pada kondisi MAT normal diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,087.

## Daftar Pustaka

- Brinkgreve, R. B. J. Kumarswamy, S., Swolfs, W. M., Waterman, D., Chesaru, A., Bonnier, P. G., & Haxaire, A. (2016). Reference Manual, PLAXIS, Netherlands.
- Cruden, D. M. and Varnes, D. J. (1996). "Landslide Types and Processes". Special Report 246, Transportation Research Board, 36-75.
- Das, B. M. and Sobhan, K. (2013). Principles of Geotechnical Engineering 8th Edition. Cengage Learning, Stamford, USA.
- Das, B. M. (2014). Principles of Foundation Engineering 8th Edition. Cengage Learning, Boston, USA.
- SNI 8460 (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.

Tabel 4. Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng Tanah (SNI 8460 : 2017)

Biaya dan Konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah	Tinggi
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih
a)Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan.		
b)Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.		

Tabel 5. Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik ( dan ) (AASHTO, 2012)

Kelas Situs	PGA ≤ 0,1	PGA ≤ 0,2	PGA ≤ 0,3	PGA ≤ 0,4	PGA ≤ 0,5
	SS ≤ 0,25	SS = 0,5	SS ≤ 0,75	SS ≤ 1	SS ≤ 1,25
Batuan keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 6. Data Parameter Tanah di Titik BH 1

Jenis Tanah	Kedalaman [m]	Parameter Tanah Bore Log 1						
		Berat Isi dry ( $\gamma_d$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Berat Isi Saturated ( $\gamma_{sat}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Sudut Geser ( $\phi$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Kohesi Efektif ( $c'$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulus Elastisitas ( $E$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Permeabilitas [m/s]	Poisson Ratio ( $\nu$ )
Silty Clay (Lapisan 1)	0 - 6	10,79	13,5	8,49	12	10000	0,00001	0,3
Silty Clay (Lapisan 2)	6 - 6,5	10,46	14,49	5,35	17	7500	0,00001	0,3
Silty Clay (Lapisan 3)	15 - 16	-	13,14	16	15,73	22	20000	0,00001
Sandy Silt (Lapisan 4)	16 - 30	-	18	19	35	10	35000	0,001

Tabel 7. Data Parameter Tanah di Titik BH 2

Jenis Tanah	Kedalaman [m]	Parameter Tanah Bore Log 2						
		Berat Isi dry ( $\gamma_d$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Berat Isi Saturated ( $\gamma_{sat}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Sudut Geser ( $\phi$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Kohesi Efektif ( $c'$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulus Elastisitas ( $E$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	Permeabilitas [m/s]	Poisson Ratio ( $\nu$ )
Clay (Lapisan 1)	0 - 3	13,14	15,5	15,73	31	10000	0,00001	0,3
Clay (Lapisan 2)	3 - 5,5	14	16	21	32	12000	0,00001	0,3
Clay (Lapisan 3)	5,5 - 30	16	17	25	40	35000	0,00001	0,3

Tabel 8. Hasil Analisis Stabilitas Lokal

Stabilisasi	Faktor Keamanan			Syarat	Keterangan
	D = 0 m tanpa tiang bor	D = 1 m tanpa tiang bor	D = 1 m dengan tiang bor		
Guling ( <i>Overtuning</i> )	3,93	4,14	4,14	2	Memenuhi
Geser ( <i>Sliding</i> )	1,29	2,15	2,15	1,5	D=0 m tidak memenuhi
Daya Dukung ( <i>Bearing Capacity</i> )	2,64	3,92	7,52	3	D=0 m tidak memenuhi