# Analisis Stabilitas dan Perkuatan Lereng Menggunakan *Bored Pile* dan *Subdrain* Pada Konstruksi Jembatan Dengan Metode Numerik Plaxis 2D(Studi Kasus Jembatan Tol Cisumdawu STA 34+500)

**EGI GIAN GINANJAR[1], ADRIN TOHARI[2], FADLLI ASH-SHIDIQQY[3]**

[1,3]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia
[2]Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bandung, Indonesia
Email : egigianginanjar@gmail.com

**ABSTRAK**

*Tol Cisumdawu merupakan tol penghubung Cileunyi, Sumedang, dan Dawuan. Penelitian ini dilakukan pada sebuah lereng jembatan Tol Cisumdawu pada STA 34+500. Berdasarkan data hasil pengeboran, terdapat material organik pada kedalaman 14 m dan terdapat N-SPT yang kurang dari 10. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng dengan bantuan software plaxis 2D dengan menggunakan perbaikan subdrain dan perkuatan bored pile. Hasil analisis didapatkan nilai FK statis lereng eksisting 1,129<1,5 dan FK gempa <1,1. Setelah dilakukan pengupasan lereng nilai faktor keamanan statis naik menjadi 1,327 dan dengan beban gempa <1,1. Setelah lereng diberikan perbaikan menggunakan subdrain, FK statis naik menjadi 1,404 dan FK gempa <1,1 dan ketika dikombinasikan dengan bored pile, didapatkan FK Statis sebesar 1,677 dan dengan beban gempa sebesar 1,112.*

***Kata kunci**: Analisis Stabilitas Lereng, Subdrain, Bored Pile, Plaxis 2D*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan jembatan pada ruas jalan tol Cisumdawu berfungsi sebagai penghubung antar jalan yang terhalang sebuah lereng. Jika melihat data topografi, jembatan dibangun di atas sebuah lereng dengan kondisi tanah dari hasil penyelidikan tanah menunjukkan jika pada kedalaman 14 meter terdapat material organik yang menandakan jika pernah terjadi longsor dan pada beberapa pengujian juga terdapat nilai SPT kurang dari 5 (Tanah Lunak). Oleh karena itu dilakukan analisis stabilitas lereng untuk mengetahui kestabilan lereng dengan memperhitungkan beban gempa dengan bantuan *software* PLAXIS 2D. Karena pada lokasi penelitian terdapat muka air tanah yang cukup dangkal, maka pada penelitian ini langkah yang diambil untuk perkuatan lereng agar tidak terjadi longsor yaitu menggunakan perbaikan *subdrain* untuk menurunkan muka air tanah dan perkuatan *Bored Pile* untuk memperkuat stabilitas lereng.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng secara umum merupakan sebuah analisis yang dilakukan untuk mengetahui faktor keamanan atau kestabilan pada lereng. Berdasarkan SNI 8460:2017, nilai faktor keamanan yang di syaratkan untuk lereng tanah dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng Tanah**

| **Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan** | |
|---|---|
| **Statis** | **Gempa** |
| 1,5* | 1,1 |
| * Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif. Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan dan Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif. | |

(Sumber : SNI 8460:2017)

### 2.2 *Subdrain*

*Subdrain* adalah metode perbaikan tanah dengan cara kerjanya yaitu untuk mengalirkan air atau menurunkan muka air tanah pada daerah keruntuhan lereng. Metode ini dapat digunakan pada keruntuhan lereng besar yang bidang longsornya dalam dengan membuat lubang setengah mendatar hingga mencapai sumber airnya. Air dialirkan melalui pipa dengan diameter 5 cm atau lebih yang berlubang pada dindingnya. Penempatan pipa *subdrain* tergantung dari jenis material yang akan diturunkan muka air tanahnya. Untuk material yang berbutir halus jarak masing-masing pipa antara 3-8 meter, sedangkan untuk material berbutir kasar dengan jarak antara 8-15 meter. Efektivitas cara ini tergantung dari permeabilitas tanah yang akan menentukan banyaknya air yang dapat dialirkan keluar (Departemen Pekerjaan Umum, 2005).

### 2.3 *Bored Pile*

*Bored Pile* adalah sebuah tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara melubangi tanah terlebih dahulu kemudian diisi dengan tulangan dan di cor dengan campuran beton (Hardiyatmo, 2020). Tiang bor merupakan salah satu jenis perkuatan tanah pada lereng yang berfungsi untuk menstabilkan lereng yaitu dengan menahan tekanan tanah lateral agar tidak terjadi longsor.

### 2.4 *Sheer Strength Reduction*

Analisis ini menggunakan Plaxis 2D dengan metode elemen hingga. Dalam metode elemen hingga nilai faktor keamanan tidak di asumsikan akan tetapi dikeluarkan oleh sistem dengan Dalam pendekatan phi-c *reduction*, parameter kekuatan geser tan φ dan c dari tanah serta kekuatan tariknya secara bertahap dikurangi hingga terjadi kegagalan struktur.

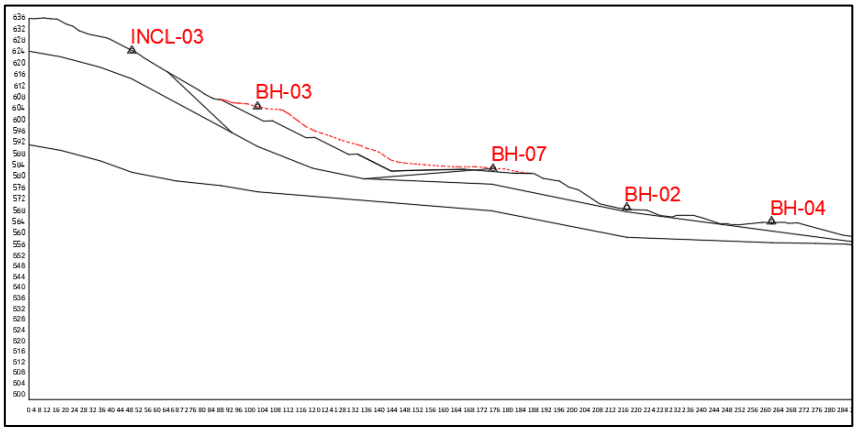
$$SF = \frac{\tan\varphi}{\tan\varphi_{reduced}} = \frac{c}{c_{reduced}} \quad \text{.....(1)}$$

SF : *Safety Factor* (Faktor Keamanan)
c : Nilai kohesi tanah
φ : Sudut geser dalam
$c_{reduced}$ : Nilai kohesi tanah terendah
$\varphi_{reduced}$ : Nilai sudut geser dalam tanah terendah

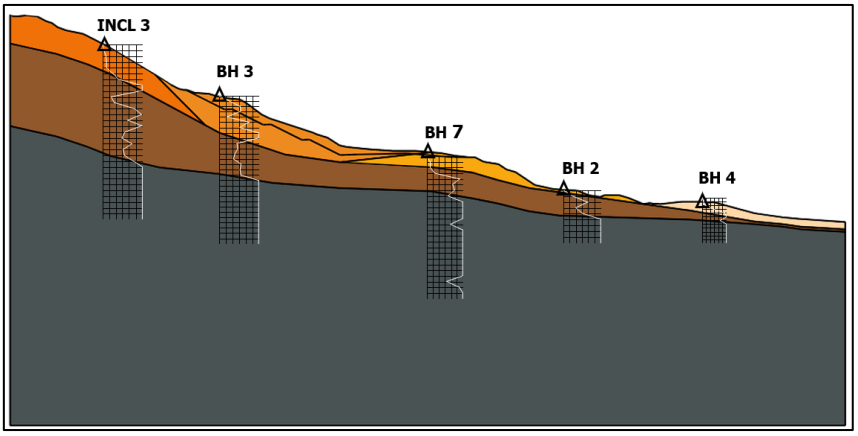
# 3. METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini meliputi data-data yang dibutuhkan untuk pemodelan pada aplikasi Plaxis 2D yang didapatkan dari pihak yang berwenang pada proyek pembangunan jalan Tol Cisumdawu. Adapun data-data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data beban lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data geometri lereng, dan data gempa. Data beban lalu lintas yang digunakan yaitu sebesar 15 kPa yang mengacu pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik. Data topografi dan data geometri menghasilkan penampang lereng yang akan di analisis dan dari penyelidikan tanah didapatkan data parameter dan lapisan tanah seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.




**Gambar 1. Geometri Lereng**




**Gambar 3. Pelapisan Tanah**

Nilai data gempa di dapatkan dari hasil pencarian pada lokasi penelitian menggunakan aplikasi tambahan yaitu RSA PUSKIM 2019 yang mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Nilai koefisien seismik horizontal (kh) dapat ditentukan 0,5 dari nilai percepatan puncak dii permukaan (PGA), dan nilai koefisien gempa (a) di hasilkan dari nilai koefisien seismik horizontal (kh) dikalikan dengan faktor amplifikasi (FPGA) seperti pada Persamaan 2 dan Persamaan 3.

kh = 0,5 PGA .....(2)

a =kh x FPGA .....(3)

# 4. PEMBAHASAN

## 4.1 Data Parameter Tanah

Pemodelan lereng pada PLAXIS 2D memerlukan data parameter tanah untuk analisisnya. Pada Tabel 2 menunjukkan data parameter tanah yang akan digunakan untuk pemodelan pada PLAXIS 2D.

**Tabel 2. Data Parameter tanah**

| **Parameter** | ***Property*** | **Lanau Berpasir** | **Lempung Berpasir** | **Pasir Berlempung** | **Lanau** | **Lempung Berlanau** | **Batu Pasir** | **Satuan** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Teguh** | **S. Kaku** | **Padat** | **Lunak** | **Teguh** | **S.Padat** | |
| **N-SPT** | | 6 | 25 | 40 | 5 | 6 | 60 | |
| ***Material Model*** | *Soil Model* | *Mohr-Coulomb* | *Mohr-Coulomb* | *Mohr-Coulomb* | *Mohr-Coulomb* | *Mohr-Coulomb* | *Mohr-Coulomb* | - |
| ***Type Of Material Behaviour*** | *Drainage Type* | *Undrained A* | *Undrained A* | *Undrained A* | *Undrained A* | *Undrained A* | *Drained* | - |
| ***Soil Unit Weight Above Water Level*** | $\gamma_{unsat}$ | 15.7 | 15.97 | 15 | 12 | 12.5 | 16.5 | kN/m$^3$ |
| ***Soil Unit Weight Below Water Level*** | $\gamma_{sat}$ | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 13 | 13.5 | 18 | kN/m$^3$ |
| ***Poisson's Rasio*** | v (nu) | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | - |
| ***Young Modulus*** | $E'_{ref}$ | 5000 | 25000 | 5000 | 5000 | 15000 | 50000 | kN/m$^2$ |
| ***Cohession*** | $c'_{ref}$ | 44 | 91.60 | 5 | 10 | 5 | 50 | kN/m$^2$ |
| ***Friction Angle*** | φ | 24 | 10.7 | 26 | 15 | 17 | 45 | ° |
| ***Dilantancy Angle*** | ψ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | ° |

## 4.2 Data *Subdrain*

Spesifikasi *subdrain* untuk perbaikan lereng dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Data Perbaikan *Subdrain***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Jenis Material | *Polivinil Klorida* (PVC) | | (SNI 8460:2017) |
| Diameter | 0.1 | m | - |
| Kemiringan | 5 | ° | (SNI 8460:2017) |
| Panjang | 30 | m | - |

## 4.3 Data *Bored Pile*

Data *bored pile* yang akan digunakan sebagai perkuatan lereng dapat dilihat pada Tabel 4.

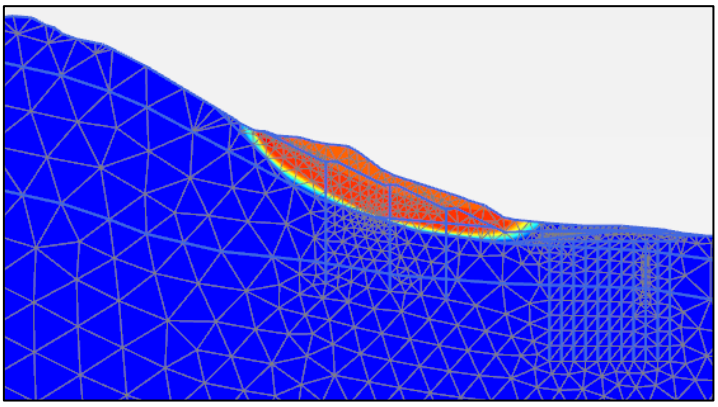
**Tabel 4. Data Perkuatan *Bored Pile***

| ***Property*** | **Keterangan** | **Satuan** |
|---|---|---|
| Diameter | 0.6 | m |
| Spasi (3,5D) | 2.1 | m |
| **Lokasi** | **Kedalaman** | **Satuan** |
| BP 1 | 30 | m |
| Mutu Beton | K-300 | |

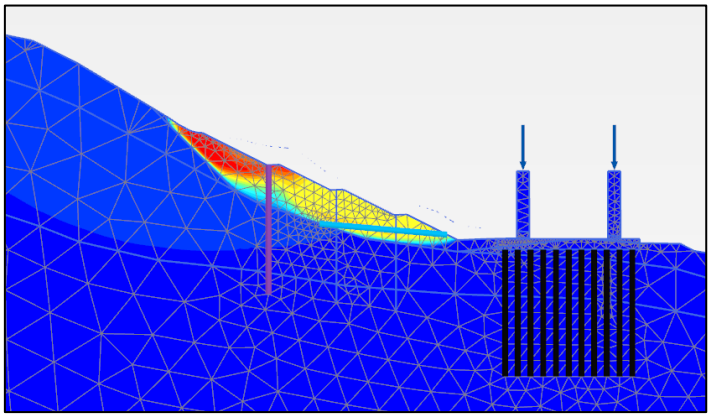
## 4.4 Analisis Stabilitas Lereng

Penelitian ini menganalisis dua kondisi lereng yaitu analisis stabilitas lereng tanpa beban gempa dan analisis stabilitas lereng dengan beban gempa dengan metode *pseudostatic*

dengan nilai koefisien gempa sebesar 0,2362129 dengan hasil analisis seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



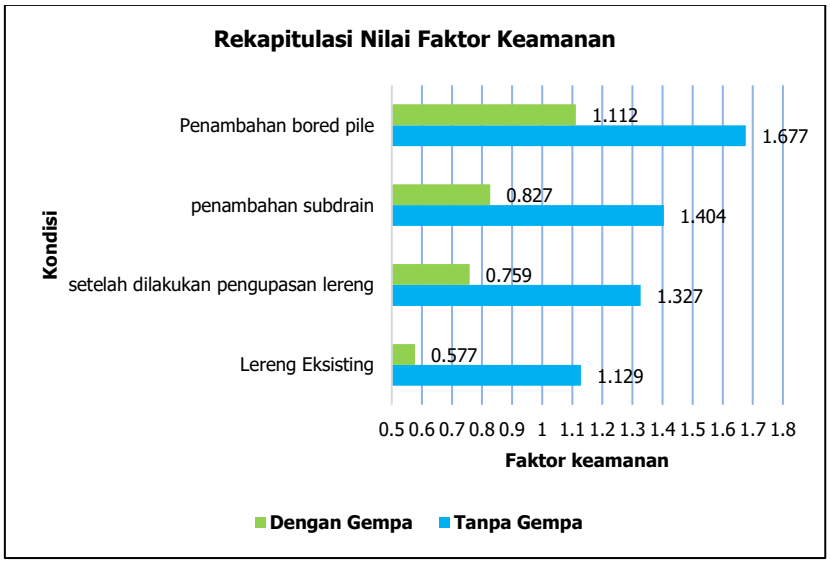
**Gambar 3. Pola Keruntuhan Lereng Eksisting**



**Gambar 4. Pola Keruntuhan Lereng Dengan Kombinasi Perbaikan *Subdrain* dan *Bored Pile***

**Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Faktor Keamanan**

| Fase | | FK | Kenaikan (%) |
|---|---|---|---|
| Sebelum Dilakukan Pengupasan Lereng | Statis | 1.129 | - |
| | Gempa | 0.577 | - |
| Setelah Dilakukan Pengupasan Lereng | Statis | 1.327 | 17.538% |
| | Gempa | 0.759 | 31.542% |
| Penambahan Subdrain | Statis | 1.404 | 6.203% |
| | Gempa | 0.827 | 9.103% |
| Penambahan Bored Pile | Statis | 1.677 | 48.539% |
| | Gempa | 1.112 | 92.721% |




**Gambar 5. Rekapitulasi Nilai Faktor Keamanan**

## 5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis stabilitas lereng eksisting dengan dan tanpa beban gempa, ternyata kondisi lereng eksisting tanpa beban gempa belum memenuhi FK desain yaitu 1,129 dan dengan tambahan beban gempa nilai faktor keamanannya <1,1. Ketika dilakukan pengupasan pada muka lereng terjadi kenaikan faktor keamanan statis sebesar 17,538% menjadi 1,327 dan faktor keamanan dengan beban gempa pun ikut naik tapi masih kurang dari 1,1. Setelah diberikan perbaikan *subdrain* pada lereng, nilai faktor keamanan statis naik menjadi 1,404 dan dengan beban gempa <1,1. Ketika diberikan kombinasi perkuatan menggunakan *subdrain* dan *bored pile*, nilai faktor keamanan naik dan memenuhi faktor keamanan desain yaitu FK statis > 1,5 dan FK gempa >1,1 dengan nilai faktor keamanan statis yang didapatkan sebesar 1,677 dan faktor keamanan dengan beban gempa sebesar 1,112.

## DAFTAR RUJUKAN

Brinkgreve, R., & Vermeer, P. A. (2019). *PLAXIS 2D reference manual CONNECT edition V20.* Delft, The Netherlands.: Delft University.

Hardiyatmo, H. C. (2020). *Analisis dan Perancangan FONDASI II.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Pd.T-09-2005-B. (2005). *Rekayasa penanganan keruntuhan lereng pada Tanah Residual Dan Batuan.* Indonesia: Departemen Pekerjaan Umum.

SNI-1726:2019. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.* Jakarta: Badan standarisasi Nasional.

SNI-8460:2017. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik.* Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.