

**ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE  
COUNTERFORT PADA RUAS JALAN BYPASS BIL -  
MANDALIKA**

*STABILITY ANALYSIS OF COUNTERFORT TYPE RETAINING WALL ON  
BIL-MANDALIKA BYPASS ROAD SECTION*

Artikel Ilmiah  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Mencapai Derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

**SINTIA AYU PRATIWI**

**F1A 019 167**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM**

**2023**

**ARTIKEL ILMIAH**  
**ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE**  
**COUNTERFORT PADA RUAS JALAN BYPASS BIL -MANDALIKA**

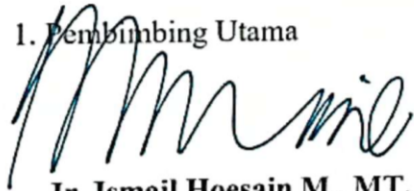
*STABILITY ANALYSIS OF COUNTERFORT TYPE RETAINING WALL ON*  
*BIL-MANDALIKA BYPASS ROAD SECTION*

Oleh:

**SINTIA AYU PRATIWI**  
**F1A 019 167**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama



**Ir. Ismail Hoesain M., MT.**  
**NIP. 19650717 199403 1 001**

Tanggal: September 2023

2. Pembimbing Pendamping



**Tri Sulistyowati, ST., MT.**  
**NIP. 19730202 199802 2 001**

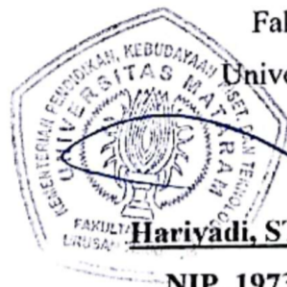
Tanggal: September 2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Mataram



**Hariyadi, ST., MSc(Eng), Dr.Eng**

**NIP. 19731027 199802 1 001**

ARTIKEL ILMIAH  
ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE  
COUNTERFORT PADA RUAS JALAN BYPASS BIL -MANDALIKA

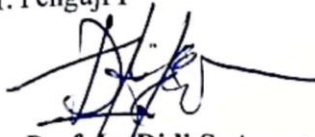
Oleh:

Sintia Ayu Pratiwi  
F1A 019 167

Telah diperiksa di depan Dewan Penguji  
Pada Tanggal, September 2023  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat derajat S-1

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Prof. Dr. Didi S. Agustawijaya, M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19620809 198912 1 001

Tanggal: September 2023

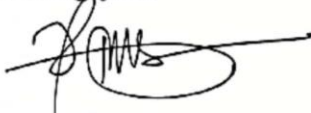
2. Penguji II



Dr. Muhajirah, ST., MT.  
NIP. 19730719 199903 2 002

Tanggal: September 2023

3. Penguji III



Dr. Ngudiyono, ST., MT  
NIP. 19740505 199903 1 003

Tanggal: September 2023

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik Sipil  
Universitas Mataram



Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.:  
NIP. 19720222 199903 1 002

# ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE COUNTERFORT PADA RUAS JALAN BYPASS BIL -MANDALIKA

Sintia Ayu Pratiwi<sup>1</sup>, Ismail Hoesain M<sup>2</sup>, Tri Sulistyowati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram

<sup>2,3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Email: sintiaayu1621@gmail.com

---

## ABSTRAK

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk menahan struktur tanah secara vertikal agar dapat mencegah keruntuhan atau kelongsoran. Seperti pada ruas jalan *ByPass* BIL-Mandalika STA 10+150, terdapat timbunan tanah setinggi 6m. Perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui angka keamanan dari dinding penahan tanah pada kondisi sebelum dan setelah penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci berupa tumit.

Data yang digunakan dalam analisis ini berupa data sekunder proyek perencanaan jalan BIL-Mandalika. Analisis dilakukan secara manual menggunakan teori Rankine untuk perhitungan tekanan tanah lateral, dan menggunakan *software Geo5*. Hasil analisis yang diperoleh berupa stabilitas geser, guling dan daya dukung tanah pada kondisi gempa dan tanpa beban gempa.

Berdasarkan hasil analisis dengan perhitungan manual diperoleh nilai angka keamanan dinding penahan tanah pada kondisi sebelum penambahan *counterfort* (kantilever) dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*). Untuk kondisi gempa diperoleh stabilitas guling ( $1,8 \geq 1,1$ ), geser ( $0,9 \leq 1,1$ ), daya dukung tanah ( $1,8 \geq 1,1$ ). Untuk kondisi tanpa gempa, diperoleh stabilitas guling ( $6,0 \geq 1,5$ ), geser ( $1,1 \leq 1,5$ ), daya dukung tanah ( $2,3 \geq 2,0$ ). Angka keamanan dinding penahan tanah pada kondisi setelah penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*). Untuk kondisi gempa diperoleh stabilitas guling ( $1,7 \geq 1,1$ ), geser ( $1,2 \geq 1,1$ ) dan daya dukung tanah ( $1,6 \geq 1,1$ ). Untuk kondisi tanpa gempa, diperoleh stabilitas guling ( $5,9 \geq 1,5$ ), geser ( $1,6 \geq 1,5$ ), daya dukung tanah ( $2,2 \geq 2,0$ ). Berdasarkan *software Geo5* untuk kondisi tanpa gempa diperoleh stabilitas guling ( $7,1 \geq 1,5$ ), dan geser ( $2,7 \geq 1,5$ ), untuk kondisi gempa diperoleh stabilitas guling ( $1,9 \geq 1,1$ ), dan geser ( $2,4 \geq 1,1$ ).

**Kata kunci :** Stabilitas, Timbunan, Dinding Counterfort, Gempa.

## ABSTRACT

*Retaining wall is a construction used to hold the soil structure vertically in order to prevent collapse or landslide. As in the BIL-Mandalika ByPass road section STA 10 + 150, there is a 6m high soil embankment. This plan aims to determine the safety number of the retaining wall before and after the addition of counterfort and heel lock construction.*

*The data used in this analysis is secondary data from the BIL-Mandalika road planning project. The analyses were conducted manually using Rankine theory, and using Geo5 software. The analysis results obtained are hear stability, overturning and soil bearing capacity under earthquake conditions and without earthquake loads.*

*Based on the results of the analysis with manual calculations, the value of the safety factor of the retaining wall is obtained in the condition before the addition of counterfort (cantilever) and locking construction in the form of a heel (toe). For earthquake conditions, the stability of overturning ( $1,8 \geq 1,1$ ), shear ( $0,9 \leq 1,1$ ) and soil bearing capacity ( $1,8 \geq 1,1$ ) are obtained. For the no-earthquake condition, stability to overturning ( $6,0 \geq 1,5$ ), shear ( $1,1 \leq 1,5$ ), soil bearing capacity ( $2,3 \geq 2,0$ ) were obtained. The safety factor of the retaining wall in the condition after the addition of counterfort and locking construction in the form of a toe. For earthquake conditions, stability against overturning ( $1,7 \geq 1,1$ ), shear ( $1,2 \geq 1,1$ ) and soil bearing capacity ( $1,6 \geq 1,1$ ) were obtained. For the no-earthquake condition, stability to overturning ( $5,9 \geq 1,5$ ), shear ( $1,6 \geq 1,5$ ), soil bearing capacity ( $2,2 \geq 2,0$ ) were obtained. Based on Geo5 software for conditions without earthquakes, stability against overturning ( $7,1 \geq 1,5$ ), shear ( $2,7 \geq 1,5$ ) were obtained, for earthquake conditions, stability against overturning ( $1,9 \geq 1,1$ ), shear ( $2,4 \geq 1,1$ ).*

**Keywords:** Stability, Embankment, Counterfort Wall, Earthquake

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Mandalika merupakan kawasan wisata yang terletak di bagian Selatan pulau Lombok, di Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat dengan memiliki luas 20,035 hektar. Mandalika sudah ditetapkan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) pariwisata sejak tahun 2014 melalui Peraturan Pemerintah (PP) No. 52 tahun 2014. Terdapat banyak obyek-obyek wisata yang beragam, salah satunya sirkuit yang menjadi tempat pergelaran event internasional yakni MotoGP dan WSBK (*World Superbike*). Untuk mendukung event internasional ini perlu dibangun fasilitas dan prasarana penunjang seperti jalan yang menghubungkan Bandara Internasional Lombok dengan kawasan wisata Mandalika guna mempercepat jarak tempuh bagi para wisatawan yang ingin mengunjungi KEK Mandalika, maka dibangunlah Jalan *ByPass* BIL - Mandalika sepanjang 17,36 kilometer.

Kondisi topografi tanah pada ruas jalan *ByPass* BIL – Mandalika terdapat banyak perbukitan sehingga kondisi tanah tidak rata, konstruksi jalan yang baik diperlukan permukaan jalan yang relatif datar, sehingga diperlukan adanya galian dan timbunan. Timbunan tanah pada ruas jalan tersebut berbentuk vertikal dan cukup tinggi yang mengakibatkan pada ruas jalan tersebut memerlukan perkuatan dinding penahan tanah agar tidak terjadi kelongsoran.

Menurut SNI 8460:2017, tipe dinding penahan tanah ada 4 (empat) yaitu dinding penahan tanah tipe gravitasi dan semi gravitasi, dinding penahan tanah tipe kantilever, dinding penahan tanah tipe kantilever dengan pengaku (*counterfort/buttress*), dan dinding penahan tanah khusus. Dinding penahan tanah khusus dibagi kembali menjadi 2 (dua), yaitu jenis *crib wall* dan jenis *gabion* (beronjong). Adapun pada perencanaan ini menggunakan dinding penahan tanah tipe *counterfort* dengan penambahan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*), dinding *counterfort* dipilih karena mampu mengurangi geser dan memperbesar beban vertikal, sehingga stabilitas guling dan geser dari dinding penahan tanah *counterfort* menjadi meningkat

Berdasarkan penelitian sebelumnya dari Gavient (2019), menyatakan bahwa hasil analisis stabilitas pada dinding penahan tanah tipe *counterfort* dengan perbandingan *safety factor* pada kondisi statis dan dinamis, pada kondisi statis, stabilitas guling dan geser dapat dipikul oleh dinding penahan tanah. Untuk kondisi dinamis, konstruksi dinding penahan tanah memiliki kemungkinan menjadi tidak stabil. Penelitian dari Ciptaning (2018), hasil analisis untuk stabilitas

lereng pada kondisi existing dengan metode Fellenius tanpa pengaruh beban gempa diperoleh nilai *safety factor*  $< 1,5$  maka lereng tersebut perlu diberi perkuatan dengan menggunakan dinding penahan tanah tipe *counterfort*. Penelitian dari Oktanuansania (2019), hasil perhitungan stabilitas lereng dengan menggunakan dinding penahan tanah *counterfort wall* yang diperoleh dari program *plaxis* pada ketinggian timbunan 12 m dinyatakan lereng tersebut sudah memenuhi syarat angka keamanan yang sesuai. Penelitian dari Ramadhan (2020), nilai faktor keamanan meningkat setelah diberi perkuatan tambahan yaitu menggunakan dinding penahan tanah tipe *counterfort*, *minipile* dan *anchor* dengan nilai  $SF > 1,5$  maka kondisi lereng dinyatakan aman terhadap kelongsoran. Penelitian dari Jumaidi (2018), perancangan dinding penahan tanah yang digunakan dalam penelitiannya yaitu dinding penahan tanah tipe *counterfort* dan *buttress*. Dimana kedua tipe ini memperoleh hasil tidak aman terhadap stabilitas gesernya, maka perlu ditambahkan tiang pancang agar mampu menahan tekanan tanah. Penelitian dari Rusyandi (2022), semakin kecil nilai tekanan tanah aktif disebabkan oleh semakin besarnya nilai sudut gesek dalam kohesi tanah. Semakin besar nilai volume tanah dan ketinggian tanah timbunan maka nilai tekanan tanah aktif semakin besar. Penelitian dari Listyawan dkk (2013), menyatakan faktor aman dari perhitungan manual lebih besar daripada faktor aman dari analisis menggunakan *Geo5*, meskipun menggunakan dimensi yang sama. Penelitian dari Yanti (2023), menyatakan hasil analisis stabilitas yang diperoleh pada kondisi tanpa gempa lebih besar dibandingkan dengan kondisi gempa.

Seiring perkembangannya, terdapat banyak sekali program bantu *software* yang dapat digunakan untuk mempermudah serta mempercepat proses perencanaan desain dinding penahan tanah dengan hasil yang akurat. Salah satunya adalah *software Geo5*, *Geo5* adalah rangkaian perangkat lunak komprehensif yang memberikan solusi untuk survei geologi hingga desain geoteknik tingkat lanjut, sehingga *software* ini sudah banyak digunakan para ahli geoteknik. *Geo5* ini dikhususkan untuk menghitung dan menganalisis masalah-masalah yang berkaitan dengan pekerjaan tanah, misalnya pekerjaan pemancangan, dinding penahan tanah, menganalisis penurunan tanah, menganalisis stabilitas lereng dan lain-lainnya. Kegunaan dari program ini adalah dapat memberikan informasi mengenai stabilitas dinding penahan tanah dalam menahan bahaya guling, geser dan keruntuhan daya dukung akibat tekanan tanah yang dihasilkan oleh tanah. Oleh sebab itu, dalam analisis ini

digunakan juga *software Geo5* untuk membantu mempermudah dalam analisis stabilitas perkuatan dinding penahan tanah,

Pada ruas jalan *ByPass BIL-Mandalika* terdapat timbunan vertikal setinggi 6 meter sehingga memerlukan dinding penahan tanah. Kebaruan dalam analisis ini adalah penggunaan dinding penahan tanah tipe *counterfort* dengan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*) yang terdapat pada bagian belakang telapak dinding penahan tanah pada timbunan ruas jalan *ByPass BIL-Mandalika*. Oleh karena itu dapat dilakukan analisis dengan judul “*Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort Pada Ruas Jalan ByPass BIL-Mandalika*”.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Berapakah nilai angka keamanan dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung tanah pada kondisi tanpa penambahan *counterfort* (kantilever) dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*) pada jalan *ByPass BIL – Mandalika*?
2. Berapakah nilai angka keamanan dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung tanah pada kondisi setelah penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*) pada jalan *ByPass BIL – Mandalika* ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*) ?

### Batasan Masalah

1. Kawasan perencanaan adalah ruas Jalan *ByPass BIL-Mandalika* hanya terbatas pada KM 10+150.
2. Hanya menggunakan teori Rankine untuk menghitung tekanan tanah aktif dan pasif.
3. Perhitungan stabilitas dinding penahan tanah secara manual.

### Tujuan Perencanaan

1. Untuk menganalisis faktor keamanan dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung tanah, pada kondisi tanpa penambahan *counterfort* (kantilever) dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*).
2. Untuk menganalisis faktor keamanan dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung tanah, pada kondisi setelah penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*).
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*).

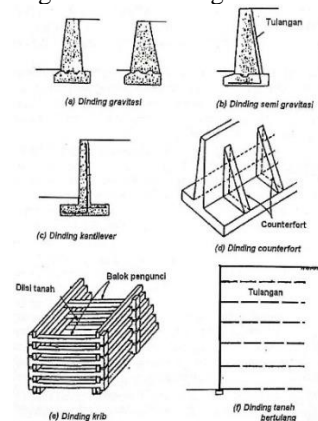
### Manfaat Perencanaan

1. Memberikan informasi mengenai cara perhitungan dinding penahan tanah tipe *counterfort* dengan penambahan konstruksi pengunci (*toe*).
2. Dapat dijadikan sebagai acuan para peneliti dalam mengembangkan perencanaan yang berhubungan dengan analisis stabilitas dinding penahan tanah.

### LANDASAN TEORI

Dinding penahan tanah adalah salah satu jenis konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah agar tidak bergeser ataupun longsor, seperti pada area parkir, tepi lereng, sungai, ruas jalan, dan lain sebagainya. Hardiyatmo (2011), membagi beberapa tipe dinding penahan tanah, antara lain sebagai berikut:

1. Dinding gravitasi.
2. Dinding semi gravitasi.
3. Dinding kantilever.
4. Dinding *counterfort*.
5. Dinding krib.
6. Dinding tanah bertulang.



**Gambar 1** Tipe-tipe dinding penahan tanah (Sumber: Hardiyatmo, 2011)

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan tanah lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (displacement) dari dinding penahan tanah dan sifat-sifat tanahnya.

Adapun jenis-jenis tekanan tanah ada 3, yaitu tekanan tanah saat diam, tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif.

Teori Rankine (1857) dalam analisis tekanan tanah lateral dilakukan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Tanah dalam kedudukan keseimbangan plastis, yaitu sembarang elemen tanah dalam kondisi tepat akan runtuh.
2. Tanah urug tidak berkoheisi ( $c = 0$ ).

3. Gesekan antara dinding dan tanah urug diabaikan atau permukaan dinding dianggap licin sempurna ( $\delta = 0$ ).

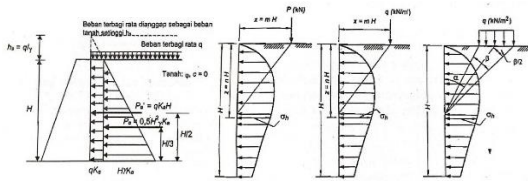
Koefisien tekanan tanah aktif:

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Koefisien tekanan tanah pasif:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \text{tg}^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Pengaruh beban diatas tanah timbunan terdiri dari beban terbagi rata, beban titik, beban garis, dan beban terbagi rata memanjang, seperti yang ditunjukkan **Gambar 2** dibawah ini:



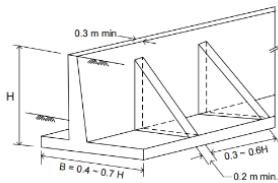
**Gambar 2** Pengaruh beban diatas tanah timbunan (Sumber: Hardiyatmo, 2011)

Tekanan tanah lateral akibat gempa tersebut dihitung dengan menggunakan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif persamaan Mononobe (1929) dan Okabe (1924). Perhitungan tegangan lateral tanah akibat gempa teori Mononobe-Okabe adalah sebagai berikut:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta) \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right)^2} \quad (2.25)$$

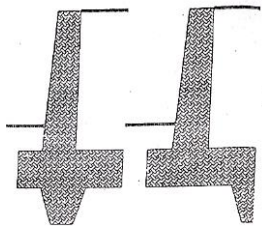
$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - K_v) K_{AE}$$

Estimasi dimensi awal untuk perencanaan dimensi dinding penahan tanah dapat digunakan seperti pada **Gambar 3** berikut:



**Gambar 3** Estimasi awal dimensi dinding penahan tanah.

(Sumber, SNI-8460:2017)



**Gambar 4** Bentuk dinding penahan tanah dengan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*).

(Sumber : Suryolelono, 2004)

### Stabilitas terhadap Penggeseran.

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h + \Sigma P_p}{\Sigma P_a} \geq 1,5$$

dengan,

$F_{gs}$  = Faktor aman terhadap penggeseran.

$\Sigma R_h$  = Tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran.

$\Sigma P_p$  = Jumlah gaya tekanan tanah pasif (kN).

$\Sigma P_a$  = Jumlah gaya tekanan tanah aktif (kN).

### Stabilitas terhadap Penggulingan.

$$F_{gl} = \frac{\Sigma M_w + \Sigma M_p}{\Sigma M_a} \geq 1,5$$

dengan,

$F_{gl}$  = Faktor aman terhadap penggulingan.

$\Sigma M_w$  = Momen yang melawan penggulingan (kN.m)

$\Sigma M_p$  = Momen tekanan tanah pasif (kN.m)

$\Sigma M_a$  = Momen tekanan tanah aktif (kN.m)

### Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah.

Analisis Terzaghi.

$$q_u = cN_c + p_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$$

Karena  $p_o = D_f \gamma$ , persamaan diatas dapat dinyatakan pula dengan:

$$q_u = cN_c + (D_f \gamma) N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$$

dengan,

$q_u$  = Kapasitas dukung ultimit untuk fondasi memanjang (kN/m<sup>2</sup>).

$c$  = Kohesi (kN/m<sup>2</sup>).

$D_f$  = Kedalaman fondasi (m).

$B$  = Lebar dasar fondasi sebenarnya (m)

$\gamma$  = Berat volume tanah (kN/m).

$p_o = D_f \gamma$  = Tekanan *overburden* pada dasar fondasi (kN/m<sup>2</sup>).

$N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  = Faktor kapasitas dukung Terzaghi (kN/m<sup>3</sup>).

## METODE PERENCANAAN

### Lokasi Perencanaan

Lokasi penelitian ini terletak di ruas jalan By Pass BIL Mandalika tepatnya pada KM 10+150 Desa Pengangat, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, NTB seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 5**.



**Gambar 5** Lokasi perencanaan dinding penahan tanah.

(Sumber: Google Earth, 2023)

### Data Perencanaan

Data yang digunakan pada perencanaan ini adalah data sekunder proyek jalan By Pass BIL-Mandalika, berupa data sebagai berikut:

### Data parameter Tanah

Tabel 1 Hasil pengujian parameter tanah

| Parameter                                | Tanah Timbunan | Tanah Asli |
|--|----------------|------------|
| Berat Isi, $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 18,547         | 16,67      |
| Kadar Air, $W$ (%)                       | 14             | 35,17      |
| Berat Jenis                              | 2,563          | 2,67       |
| Batas Cair, LL (%)                       | 28             | 66,2       |
| Batas Plastis, PL (%)                    | 13,38          | 35,49      |
| Indeks Plastisitas, IP (%)               | 14,63          | 30,71      |
| Sudut Geser, $\phi$ (°)                  | 30,96          | 13,69      |
| Kohesi, $C$ (kN/m <sup>2</sup> )         | 7,84           | 8,53       |

(Sumber: PT Nindya dan Laboratorium Geoteknik Universitas Mataram, 2020)

### Data Beban Lalu Lintas

Berdasarkan Tabel 2, beban lalu lintas yang bekerja pada ruas jalan BIL - Mandalika adalah sebesar 10 kN/m<sup>2</sup>.

Tabel 2 Beban lalu lintas berdasarkan fungsi jalan

| Kelas Jalan | Beban lalu lintas (kPa) | Beban di luar jalan (kPa) |
|-------------|-------------------------|---------------------------|
| I           | 15                      | 10                        |
| II          | 12                      | 10                        |
| III         | 12                      | 10                        |

(Sumber: SNI 8460-2017)

### Data Beban Gempa

Besarnya SNI 1726-2019 untuk wilayah Kabupaten Lombok Tengah Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi pemasangan termasuk dalam klasifikasi kelas situs tanah sedang (SD), berdasarkan data hasil borlog berikut:

Tabel 3 Hasil klasifikasi tanah berdasarkan nilai N(SPT).

| No     | Kedalaman | t(m) | N(SPT) | N=t/N |
|--------|-----------|------|--------|-------|
| 1      | 0-2       | 2    | 10     | 0,20  |
| 2      | 2-4       | 2    | 24     | 0,08  |
| 3      | 4-6       | 2    | 30     | 0,07  |
| 4      | 6-8       | 2    | 30     | 0,07  |
| 5      | 8-10      | 2    | 35     | 0,06  |
| 6      | 10-12     | 2    | 37     | 0,05  |
| 7      | 12-14     | 2    | 40     | 0,05  |
| 8      | 14-16     | 2    | 80     | 0,03  |
| 9      | 16-18     | 2    | 80     | 0,03  |
| 10     | 18-20     | 2    | 49     | 0,04  |
| 11     | 20-22     | 2    | 47     | 0,04  |
| 12     | 22-24     | 2    | 52     | 0,04  |
| 13     | 24-26     | 2    | 80     | 0,03  |
| 14     | 26-28     | 2    | 80     | 0,03  |
| 15     | 28-30     | 2    | 80     | 0,03  |
| JUMLAH |           | 30   |        | 0,82  |

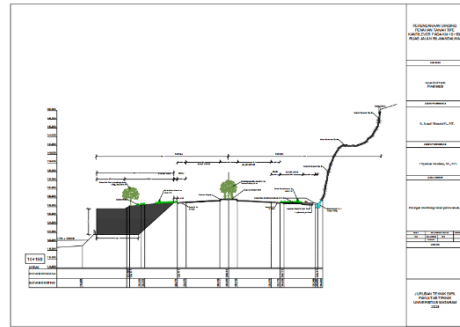
$$N = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{N}\right)}$$

$$= \frac{30}{0,82}$$

= 36,38 (Tanah Sedang)

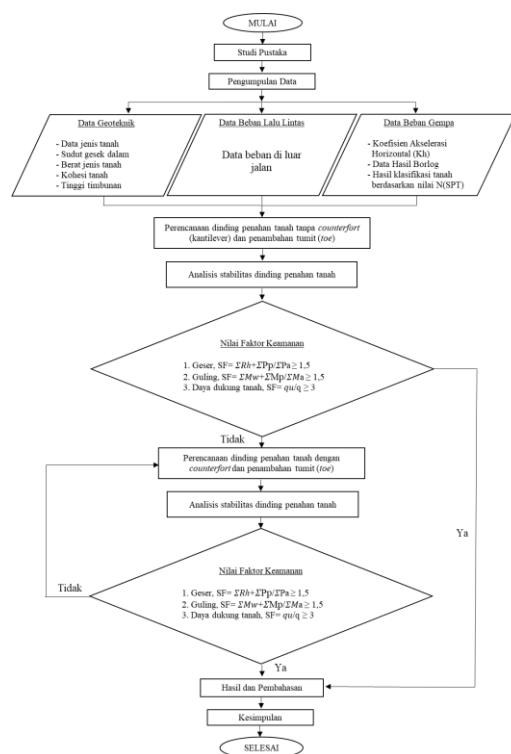
Data yang digunakan untuk situs tanah sedang berdasarkan SNI 1726-2019 adalah:

$$PGA = 0,4, F_{PGA} = 1,2, \delta = 0^\circ, \beta = 0^\circ, i = 0^\circ.$$



Gambar 6 Potongan melintang lokasi perencanaan (Sumber: PT ADHI KARYA, 2019)

### Bagan Alir Perencanaan



Gambar 7 Bagan alir analisis secara manual.

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### Analisa Pembebanan yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

- Beban yang bekerja diatas tanah timbunan.  
Beban di atas tanah timbunan pada perencanaan ini, direncanakan beban di luar jalan untuk jalapn kelas I yaitu sebesar 10 kN/m<sup>2</sup> hanya untuk kondisi tanpa gempa.
- Beban Gempa  
Beban gempa yang bekerja pada dinding penahan tanah dianggap sebagai beban tekanan tanah aktif yang dipengaruhi oleh berat jenis tanah, ketinggian tanah yang ditahan dan koefisien tekanan tanah. Perhitungan tekanan tanah menggunakan koefisien tekanan tanah



aktif teori Momonobe-Okabe dengan perhitungan sebagai berikut:  
Percepatan tanah puncak ( $PGA_M$ )

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA = 0,48$$

Koefisien percepatan horizontal dan vertikal ( $K_h$ ) dan ( $K_v$ )

$$K_h = 0,5 \times PGA_M = 0,24$$

$$K_v = 0$$

$$\theta = \tan^{-1}(K_h / (1 - K_v)) = 13,5^\circ$$

Koefisien tekanan tanah aktif akibat gempa pada tanah timbunan, ( $K_{ae1}$ ):

$$K_{ae1} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta) \left( 1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)} \right)^2} = 0,48$$

Koefisien tekanan tanah aktif akibat gempa pada tanah asli, ( $K_{ae1}$ ):

$$K_{ae2} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta) \left( 1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)} \right)^2} = 0,99$$

### Perhitungan Koefisien Tekanan Tanah

Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2(45 - \varphi/2)$$

Koefisien tekanan tanah pasif.

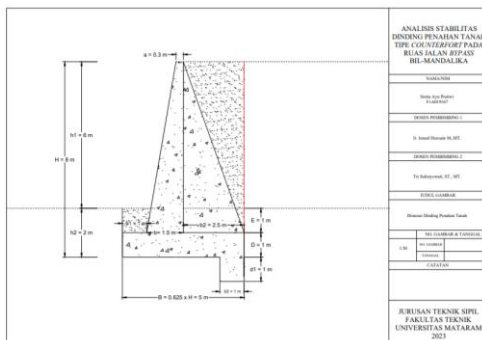
$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2)$$

**Tabel 4** Hasil perhitungan koefisien tekanan tanah.

| No | Jenis Tanah    | $\varphi$ | $\gamma$ | c    | $K_a$ | $K_p$ | $K_{ae}$ |
|----|----------------|-----------|----------|------|-------|-------|----------|
| 1  | Tanah Timbunan | 30,96     | 18,55    | 7,84 | 0,32  | 3,12  | 0,48     |
| 2  | Tanah Asli     | 13,69     | 16,67    | 8,53 | 0,62  | 1,62  | 0,99     |

### Analisis Stabilitas Pada Kondisi Setelah Penambahan Counterfort dan Konstruksi Pengunci Tumit (Toe)

Pada perencanaan ini diperoleh dimensi dinding penahan tanah seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8** berikut:



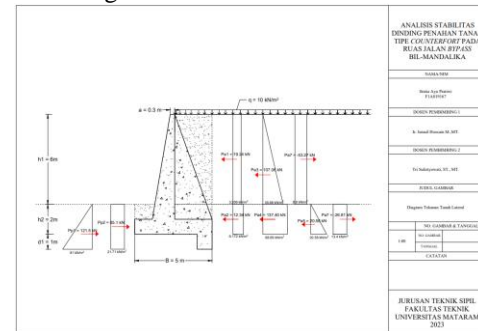
**Gambar 8** Dimensi dinding penahan tanah.

### Kondisi tanpa beban gempa.

Diketahui:

$$q_1 = 10 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan Tekanan Tanah



**Gambar 9** Diagram tekanan tanah lateral.

**Tabel 5** Momen aktif dan momen pasif terhadap titik O

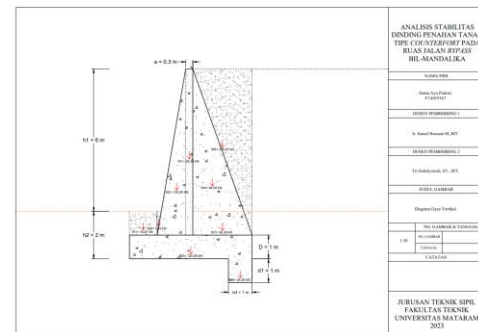
| No            | Tekanan tanah aktif | Jarak ke Titik O | Momen ke Titik O |
|---------------|---------------------|------------------|------------------|
| $Pa_1$        | 19,24               | 5,00             | 96,19            |
| $Pa_2$        | 12,34               | 1,00             | 12,34            |
| $Pa_3$        | 107,06              | 4,00             | 428,22           |
| $Pa_4$        | 137,40              | 1,00             | 137,40           |
| $Pa_5$        | 20,58               | 0,67             | 13,72            |
| $Pa_6$        | -53,27              | 5,00             | -266,36          |
| $Pa_7$        | -26,81              | 1,00             | -26,81           |
| $\Sigma Pa =$ | <b>216,54</b>       |                  | <b>394,71</b>    |

**Tabel 6** Momen pasif terhadap titik O

| No            | Tekanan tanah pasif | Jarak ke Titik O | Momen ke Titik O |
|---------------|---------------------|------------------|------------------|
| $Pp_1$        | 121,5               | 0,00             | 0,0              |
| $Pp_2$        | 65,1                | 0,50             | 32,6             |
| $\Sigma Pp =$ | <b>186,7</b>        |                  | <b>32,6</b>      |

Perhitungan Gaya Vertikal

Berat Volume Beton = 24 kN/m<sup>3</sup>



**Gambar 10** Diagram gaya vertikal.

Besarnya momen gaya vertikal yang bekerja diperlihatkan dalam **Tabel 7**.

**Tabel 7** Momen gaya vertikal terhadap titik O

| Bidang       | Berat W (kN)  | Jarak ke Titik O | Momen ke Titik O |
|--------------|---------------|------------------|------------------|
| I            | 50,40         | 2,35             | 118,44           |
| II           | 100,80        | 1,80             | 181,44           |
| III          | 120,00        | 2,50             | 300,00           |
| IV           | 84,00         | 3,33             | 280,00           |
| V            | 24,00         | 4,50             | 108,00           |
| VI           | 278,25        | 3,75             | 1043,44          |
| VII          | 46,38         | 3,75             | 173,91           |
| VIII         | 1,43          | 1,06             | 1,51             |
| IX           | 16,67         | 0,50             | 8,34             |
| q            | 25,00         | 3,75             | 93,75            |
| $\Sigma W =$ | <b>746,92</b> |                  | <b>2308,82</b>   |

### Stabilitas Terhadap Penggulingan

$$F_{gl} = \frac{\Sigma M_w + \Sigma M_p}{\Sigma M_a} \geq 1,5$$

$$= 5,9 \geq 1,5 \quad \text{OK}$$

### Stabilitas Terhadap Penggeseran

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h + P_p}{\Sigma P_a} \geq 1,5$$

Untuk tanah c-φ (φ > 0 dan c > 0):

$$\Sigma R_h = c_a B + W \operatorname{tg} \delta_b$$

$$= 154,11 \text{ kN/m}$$

$$F_{gs} = 1,6 \geq 1,5 \text{ OK}$$

### Stabilitas Terhadap Keruntuhan Daya Dukung Tanah

Persamaan Terzaghi

Diketahui:

$$\gamma = 16,67^\circ$$

Berdasarkan nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi untuk  $\gamma = 18,57^\circ$ , diperoleh nilai keruntuhan geser sebagai berikut:

$$N_q = 3,48$$

$$N_c = 10,19$$

$$N_\gamma = 2,19$$

Kapasitas dukung ultimit:

$$q_u = cN_c + (D_f \gamma)N_q + 0,5\gamma_b B N_\gamma$$

$$= 302,36 \text{ kN/m}^2$$

$$x_e = \frac{(\Sigma M_w - \Sigma M_\alpha)}{\Sigma W}$$

$$= 2,56 \text{ m}$$

$$e = B/2 - x_e$$

$$= -0,06 \text{ m} < B/6 = 0,83 \text{ m}$$

Untuk  $e < B/6$

$$q = \frac{V}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

$$q_{max} = 138,15 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{min} = 160,62 \text{ kN/m}^2$$

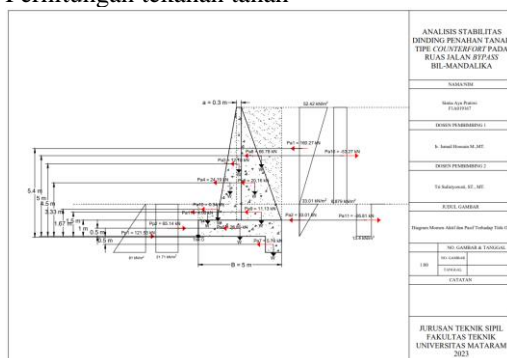
Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai berikut:

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 2$$

$$= 2,2 > 2 \text{ OK}$$

### Kondisi dengan beban gempa

Perhitungan tekanan tanah



Gambar 11 Diagram tekanan tanah lateral.

Tabel 8 Momen aktif dan momen pasif terhadap titik O

| No            | Tekanan tanah aktif | Jarak ke Titik O | Momen ke Titik O             |
|---------------|---------------------|------------------|------------------------------|
| Pa1           | 160,27              | 3,40             | 865,47                       |
| Pa2           | 33,01               | 1,00             | 33,01                        |
| Pa3           | 12,10               | 4,50             | 54,43                        |
| Pa4           | 24,19               | 3,33             | 80,64                        |
| Pa5           | 28,80               | 0,50             | 14,40                        |
| Pa6           | 20,16               | 3,33             | 67,20                        |
| Pa7           | 5,76                | 0,50             | 2,88                         |
| Pa8           | 66,78               | 5,00             | 333,90                       |
| Pa9           | 11,13               | 1,50             | 16,70                        |
| Pa10          | 0,34                | 1,67             | 0,57                         |
| Pa11          | 4,00                | 1,50             | 6,00                         |
| Pa12          | -53,27              | 5,00             | -266,36                      |
| Pa13          | -26,81              | 1,00             | -26,81                       |
| $\Sigma Pa =$ | <b>286,46</b>       |                  | $\Sigma Ma =$ <b>1182,03</b> |

Tabel 9 Momen pasif terhadap titik O

| No            | Tekanan tanah pasif | Jarak ke Titik O | Momen ke Titik O          |
|---------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| Pp1           | 121,5               | 0,00             | 0,0                       |
| Pp2           | 65,1                | 0,50             | 32,6                      |
| $\Sigma Pp =$ | <b>186,7</b>        |                  | $\Sigma Mp =$ <b>32,6</b> |

Perhitungan Gaya Vertikal

Berat Volume Beton = 24 kN/m<sup>3</sup>

Besarnya momen gaya vertikal yang bekerja diperlihatkan dalam Tabel 10

| Bidang       | Berat W (kN)  | Jarak ke Titik O | Momen ke Titik O             |
|--------------|---------------|------------------|------------------------------|
| I            | 50,40         | 2,35             | 118,44                       |
| II           | 100,80        | 1,80             | 181,44                       |
| III          | 120,00        | 2,50             | 300,00                       |
| IV           | 84,00         | 3,33             | 280,00                       |
| V            | 24,00         | 4,50             | 108,00                       |
| VI           | 278,25        | 3,75             | 1043,44                      |
| VII          | 46,38         | 3,75             | 173,91                       |
| VIII         | 1,43          | 1,06             | 1,51                         |
| IX           | 16,67         | 0,50             | 8,34                         |
| $\Sigma W =$ | <b>721,92</b> |                  | $\Sigma Mw =$ <b>2215,07</b> |

Tabel 10 Momen gaya vertikal terhadap titik O

### Stabilitas Terhadap Penggulingan

$$F_{gl} = \frac{\Sigma M_w + \Sigma M_p}{\Sigma M_\alpha} \geq 1,1$$

$$= 1,9 \geq 1,1 \text{ OK}$$

### Stabilitas Terhadap Penggeseran

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h + P_p}{\Sigma P_a} \geq 1,1$$

Untuk tanah c-φ (φ > 0 dan c > 0):

$$\Sigma R_h = c_a B + W \operatorname{tg} \delta_b$$

$$= 150,1 \text{ kN/m}$$

$$F_{gs} = 1,2 \geq 1,1 \text{ OK}$$

### Stabilitas Terhadap Keruntuhan Daya Dukung Tanah

Persamaan Terzaghi

Diketahui:

$$\gamma = 16,67^\circ$$

Berdasarkan nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi untuk  $\gamma = 18,57^\circ$ , diperoleh nilai keruntuhan geser sebagai berikut:

$$N_q = 3,48$$

$$N_c = 10,19$$

$$N_\gamma = 2,19$$

Kapasitas dukung ultimit:

$$q_u = cN_c + (D_f \gamma)N_q + 0,5\gamma_b B N_\gamma$$

$$= 302,36 \text{ kN/m}^2$$

$$x_e = \frac{(\Sigma M_w - \Sigma M_\alpha)}{\Sigma W}$$

$$= 1,43 \text{ m}$$

$$e = B/2 - x_e$$

$$= 1,07 \text{ m} > B/6 = 0,83 \text{ m}$$

Untuk  $e > B/6$

$$q = \frac{2V}{3(B-2e)}$$

$$= 168,17 \text{ kN/m}^2$$

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai berikut:

$$F = \frac{qu}{q} \geq 1,1$$

$$= 1,8 > 1,1 \text{ OK}$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan.

**Tabel 11** Rekapitulasi Hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah

| STABILITAS        | MANUAL       |             |              |             | SOFTWARE Geo5 |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
|                   | Kantilever   |             | Counterfort  |             | Counterfort   |
|                   | Dengan gempa | Tanpa gempa | Dengan gempa | Tanpa gempa | Tanpa gempa   |
| Penggulingan      | 2,0          | 6,0         | 1,9          | 5,9         | 7,1           |
| Penggeseran       | 0,9          | 1,1         | 1,2          | 1,6         | 2,7           |
| Daya dukung tanah | 1,8          | 2,3         | 1,8          | 2,2         | -             |

### Stabilitas Guling dan Geser menggunakan Software Geo5

Stabilitas guling dan geser dinding penahan tanah pada *software Geo5* adalah :

- Pada kondisi tanpa gempa  
Stabilitas geser =  $2,7 \geq 1,5$   
Stabilitas guling =  $7,1 \geq 1,5$
- Pada kondisi gempa  
Stabilitas geser =  $2,4 \geq 1,1$   
Stabilitas guling =  $1,9 \geq 1,1$

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis stabilitas perkuatan dinding penahan tanah, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah pada kondisi tanpa penambahan *counterfort* (kantilever) dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*) adalah untuk kondisi tanpa gempa diperoleh, guling ( $6,0 \geq 1,5$ ), geser ( $1,1 \geq 1,5$ ), daya dukung tanah ( $3,0 \geq 2$ ). Untuk kondisi dengan gempa adalah guling ( $1,8 \geq 1,1$ ), geser ( $0,9 \geq 1,1$ ), daya dukung tanah ( $1,8 \geq 1,1$ ), sehingga dapat dinyatakan stabilitas dinding penahan tanah pada kondisi tanpa penambahan *counterfort* (kantilever) dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*) tidak aman terhadap geser untuk kondisi tanpa gempa maupun kondisi dengan gempa. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisa dengan menggunakan *counterfort* dengan konstruksi pengunci agar mampu melawan gaya geser yang terjadi.
2. Hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah pada kondisi setelah penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci berupa

tumit (*toe*) adalah untuk kondisi tanpa gempa diperoleh, guling ( $6,1 \geq 1,5$ ), geser ( $1,7 \geq 1,5$ ), daya dukung tanah ( $3,0 \geq 2$ ). Untuk kondisi dengan gempa adalah guling ( $1,7 \geq 1,1$ ), geser ( $1,2 \geq 1,1$ ), daya dukung tanah ( $1,6 \geq 1,1$ ), sehingga dapat dinyatakan stabilitas dinding penahan tanah pada kondisi setelah penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*) aman untuk kondisi tanpa gempa maupun kondisi dengan gempa.

3. Pengaruh penambahan *counterfort* dan konstruksi pengunci adalah untuk memperbesar beban vertikal dan momen sehingga stabilitas guling dan geser menjadi lebih besar.
4. Hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah berdasarkan *software Geo5* pada kondisi tanpa gempa adalah guling ( $7,1 \geq 1,5$ ) dan geser ( $2,7 \geq 1,5$ ). Sedangkan pada kondisi dengan gempa adalah guling ( $1,9 \geq 1,1$ ) dan geser ( $2,4 \geq 1,1$ ). Dari hasil analisis yang diperoleh dapat dilihat bahwa nilai *safety factor* dengan menggunakan *software Geo5* lebih besar dibandingkan dengan perhitungan manual.

Dari hasil analisis perencanaan perkuatan dinding penahan tanah, pada perencanaan ini dapat digunakan dinding penahan tanah tipe *counterfort* dengan penambahan konstruksi pengunci berupa tumit (*toe*) karena diperoleh hasil stabilitas yang aman terhadap guling, geser dan daya dukung tanah.

### Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dalam mendesain dinding penahan tanah pengaruh gempa juga perlu diperhatikan karena tekanan yang terjadi cukup besar apalagi untuk dinding penahan tanah yang tinggi.
2. Perhitungan kestabilan guling, geser dan daya dukung tanah pada dinding penahan tanah harus dilakukan dengan benar dan teliti agar tidak terjadi kegagalan pada dinding penahan tanah ketika beban di atasnya bekerja.
3. Berdasarkan hasil perhitungan bahwa dinding penahan tanah tipe *counterfort* pada KM 10+150 ruas jalan *ByPass BIL-Mandalika* aman terhadap guling, geser dan daya dukung tanah. Namun perlu disarankan untuk dapat melakukan penelitian lanjutan dengan lokasi yang berbeda.
4. Dalam analisis menggunakan *software Geo5*, perlu diperhatikan dengan teliti data

yang diinputkan agar mendapatkan hasil yang akurat. Selain itu, dapat juga menggunakan *software* lain untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah seperti program *plaxis*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Asbuilt Drawing*. Proyek Pembangunan Jalan By Pass BIL - Mandalika.
- [2] Ciptaning, K. (2018). Analisis Stabilitas Lereng dengan Konstruksi Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort*. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* 1, 63-67.
- [3] Das, B. M., Endah, N., dan Mochtar, I. B. (1995). *MEKANIKA TANAH (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga
- [4] Gevient, B. (2019). Analisis Ulang Dinding Penahan Tanah Dengan Pendekatan Perhitungan Manual yang Memperhitungkan Akibat Beban Gempa. *Jurnal Mitra Teknik Sipil, II*, 43-52.
- [5] Fine Civil Engineering Software. (2020). *GEO5, User's Guide*.
- [6] Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [7] Hardiyatmo, H. C. (2018). *MEKANIKA TANAH 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [8] Hardiyatmo, H. C. (2018). *MEKANIKA TANAH 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [9] Jumaidi. (2018). Perancangan Struktur Dinding Penahan Tanah pada Pekerjaan Longsoran Jalan Batu Cermin Kota Samarinda. 8-13.
- [10] Listyawan, Anto, Suhendro Trinugroho, Arya Nugraha. (2013). Desain Dimensi Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Program *Geo5. Simposium Nasional RAPI XII*, 10-13.
- [11] Muda, A. (2022). Penanganan Longsoran Jalan Nasional Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda* 14, 69-71.
- [12] Oktanuansania, T. (2019). Kajian Stabilitas *Counterfort Wall* pada *Escape Hill* Terhadap *Freeboard* dan *Run Up Level*. *Teras Jurnal* 9, 44-49
- [13] Ramadhan, R. (2020). Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort* dengan Program *Plaxis*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 9-10.
- [14] Rusyandi, D. I. (2022). Analisis Stabilitas Perkuatan Dinding Turap Jenis *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dengan Angker Pada Ruas Jalan BIL-Mandalika. *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram*.
- [15] *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. (2019). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- [16] *SNI 2833:2016 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*. (2016). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [17] *SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. (2017). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [18] Suryolelono, K. B. (2004). *Teknik Fondasi Bagian II*. Yogyakarta: NAFIRI.
- [19] Yanti, A. (2023). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Pada KM 10+150 Ruas Jalan BIL-Mandalika. *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram*.