

## STUDI PENANGANAN LONGSOR DENGAN BEBERAPA ALTERNATIF DINDING PENAHAN TANAH (Studi Kasus: Area Gedung Politeknik Balikpapan)

Muhammad Arif Ikrimah<sup>1</sup>, Heri Sutanto<sup>2</sup>, Ery Budiman<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda  
e-mail:

<sup>2</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda  
e-mail: [hery\\_soetanto@yahoo.com](mailto:hery_soetanto@yahoo.com)

<sup>3</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda  
e-mail: [ery\\_budi@yahoo.com](mailto:ery_budi@yahoo.com)

### Abstrak

Analisis geoteknik digunakan juga dalam membuat desain dinding penahan tanah yang stabil dan kuat. Kestabilan dinding penahan tanah yang akan dibahas merupakan studi kasus yang berasal dari struktur dinding penahan tanah *existing* yang mengalami pergeseran yang terjadi pada area Kampus Politeknik Balikpapan. Kestabilan struktur dianalisis menggunakan metode konvensional dan metode elemen hingga. Analisis metode konvensional meliputi perhitungan kestabilan momen, geser, dan daya dukung. Metode elemen hingga dilakukan untuk menunjukkan perbandingan nilai pada metode konvensional. Perhitungan tekanan tanah dihitung dengan menggunakan teori *rankine* dan *coulomb* serta perhitungan stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah dihitung berdasarkan persamaan *Hansen* dan *Vesic* berdasarkan data-data karakteristik keteknikan ( $c$  dan  $\phi$ ).

Maksud dari penelitian ini untuk menganalisis pada 3 kondisi permodelan yaitu kondisi *existing*, kondisi dengan perkuatan *gravity wall* dan *cantilever wall*. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan dua metode yaitu analisis dengan metode konvensional untuk kondisi dengan perkuatan dan metode elemen hingga (*Geostudio 2012 Slope/Wdan Plaxis*). *Geoslope* untuk menghitung kestabilan lereng dan *plaxis* untuk menghitung struktur dinding penahan tanah.

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa pada kondisi *existing* lereng dalam kondisi tidak aman. Dengan nilai angka keamanan sebesar 0,392 untuk perhitungan konvensional dan untuk perhitungan metode elemen hingga sebesar 0,296 dari nilai tersebut tidak memenuhi angka keamanan yang diizinkan. Oleh karena itu diberikan perkuatan tanah *existing* yaitu turap *spun pile* teori *rankine* dengan nilai angka keamanan tidak aman terhadap stabilitas geser = 1,145, tidak aman terhadap stabilitas penggulingan = 0,537 dan untuk metode elemen hingga sebesar 1,136. Dan untuk analisis dinding penahan tanah alternatif yaitu *gravity wall* dan *cantilever wall* teori *rankine* dengan nilai angka keamanan aman terhadap stabilitas geser = 2,414 dan 1,559, aman terhadap stabilitas penggulingan = 3,759 dan 2,345, aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah = 2,822 dan 2,473 dan untuk metode elemen hingga sebesar 3,327 dan 2,847. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa *gravity wall* layak dan aman dipergunakan sebagai dinding penahan tanah untuk mengganti struktur turap *spun pile* yang mengalami pergeseran dikarenakan faktor keamanan *gravity wall* memenuhi syarat keamanan yang diizinkan.

**Kata kunci: dinding penahan tanah, angka keamanan, metode konvensional, metode elemen hingga**

### Abstract

*Geotechnical analysis is also used in designing stable and strong retaining walls. The stability of the retaining wall to be discussed is a case study taken from the existing retaining wall structure which was repaired in a hurry that occurred in the Balikpapan Polytechnic Campus area. The stability of the structure*

is solved using conventional methods and the finite element method. Analysis of conventional methods, calculating the stability of the moment, shear, and carrying capacity. The method element is used to compare values in conventional methods. The calculation of ground pressure is calculated using ranking and coulomb theory and the calculation of the collapse of the bearing capacity of the soil is calculated based on the Hansen and Vesic equation based on engineering characteristic data ( $c$  and  $\phi$ ).

The purpose of this study was to analyze the 3 modeling conditions namely existing conditions, conditions with gravity walls and cantilever walls. Critical slope analysis is done by two methods, namely analysis with conventional methods for conditions with reinforcement and finite element methods (Geostudio 2012 Slope/W and Plaxis). Geoslope to calculate slope stability and plaxis to calculate the structure of retaining wall.

From the results of the analysis show that the slopes are in unsafe conditions. With a security score of 0.392 for conventional calculations and for a finite element calculation method of 0.296 the value should not meet the given security number. Therefore given the existing soil squeeze that is spun pile plank theory theory with the value of security against shear stability = 1,145, no safe against rolling security = 0.537 and for finite element method of 1.136. And for analysis of alternative retaining walls namely gravity walls and cantilever walls Theory of ranking with numerical values for sliding safety = 2,414 and 1,559, safe for rolling safety = 3,759 and 2,345, safe for soil bearing density = 2,822 and 2,473 and for finite element method 3,327 and 2,847. Therefore it is undeniable that the gravity wall is feasible and safe to be used as a retaining wall to fill the spun pile turk which is improved due to the safety factor of the gravity wall that meets the requested safety requirements.

**Keywords:** retaining wall, safety factor, conventional methods, finite element method

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Provinsi Dewasa ini teknologi terus berkembang seiring kemajuan jaman, teknologi di bidang konstruksi bangunan juga mengalami perkembangan pesat diantaranya termasuk teknologi dalam bidang geoteknik.

Tingkat keamanan suatu lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor kemiringan dan beban yang bekerja di atasnya. Kondisi lereng dengan beban yang besar dan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran, biasanya peristiwa ini berlangsung dalam jangka waktu yang lama sehingga apabila tidak dicegah atau diatasi akan menimbulkan dampak bagi lingkungan sekitar. Kondisi permukaan tanah pada lereng dengan sudut kemiringan yang besar serta beban yang besar dapat mengakibatkan penurunan tanah yang berskala besar, terlebih lagi jika memasuki musim penghujan resiko longsor akan semakin besar akibat peningkatan tekanan air pori pada lapisan tanahnya.

Dinding penahan tanah dapat dinyatakan aman apabila dinding penahan tanah tersebut telah diperhitungkan faktor keamanannya terhadap

bahaya pergeseran, bahaya penggulingan dan penurunan daya dukung tanah. Pada dinding penahan tanah, perhitungan stabilitas merupakan salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan maupun dikesampingkan, karena stabilitas dinding penahan sangat mempengaruhi usia dinding penahan itu sendiri dari keamanan bangunan serta kondisi tanah di sekitar dinding penahan tanah tersebut.

Oleh karena itu penulis melakukan penelitian pada lokasi tersebut dikarenakan mengalami kelongsoran pada permukaan tanah dan dinding perkuatan tanah yang terpasang dilapangan mengalami penggeseran sehingga tujuan untuk studi ini adalah menganalisa stabilitas lereng terhadap kelongsoran, menganalisa stabilitas dinding penahan tanah yang terpasang serta dinding penahan tanah yang digunakan sebagai struktur yang alternatif dan mengetahui sebab ketidakstabilan lereng serta struktur dinding penahan tanah yang ditinjau. Manfaat dari studi ini atau hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi bagi pihak terkait dan dapat digunakan sebagai perbandingan untuk penanganan dinding penahan tanah pada lokasi tersebut.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai faktor keamanan lereng pada kondisi awal tanpa perkuatan tanah akibat berat sendiri serta beban bangunan dengan menggunakan perhitungan manual.

2. Mengetahui nilai faktor keamanan lereng pada kondisi awal tanpa perkuatan tanah akibat berat sendiri serta beban bangunan dengan menggunakan *software geostudio 2012 slope/w*.
3. Mengetahui nilai faktor keamanan terhadap stabilitas konstruksi turap *spun pile (existing)*, *gravity wall* dan *cantilever wall* dengan menggunakan perhitungan manual dan dengan menggunakan *software plaxis v.8.2*.
4. Mengetahui hasil analisa stabilitas kelongsoran lereng dari nilai faktor keamanan untuk setiap perkuatan tanah yang ditinjau yaitu turap *spun pile (existing)*, *gravity wall* dan *cantilever wall* untuk mendapatkan perkuatan tanah dengan faktor keamanan yang diizinkan dalam penanganan kelongsoran.

### 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Lokasi penelitian terletak pada area kampus Politeknik Negri Balikpapan KM+8 Jalan Raya Balikpapan-Samarinda.
2. Jenis dinding penahan tanah yang ditinjau berupa turap *spun pile*, *gravity wall* dan *cantilever wall*.
3. Metode yang digunakan untuk menganalisa stabilitas lereng menggunakan perhitungan manual, metode elemen hingga *software plaxis* versi 8.2 dan *geostudio 2012 slope/w*.
4. Bagian bangunan dan saluran drainase di daerah penelitian tidak turut dimodelkan.
5. Tidak memperhitungkan penurunan, gaya gempa dan rencana anggaran biaya

terhadap konstruksi yang di analisa.

6. Analisis yang digunakan yaitu analisis geoteknik, kontrol stabilitas terhadap daya dukung tanah, keamanan terhadap guling dan geser.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Stabilitas Lereng

Menurut Hardiyatmo (2003), menambahkan analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya, kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainnya. *Terzaghi* (1950), membagi penyebab longsor lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.

### 2.2 Prinsip-prinsip Dasar Metode Irisan

Semua metode irisan menyatakan kondisi kestabilan suatu lereng dinyatakan dalam suatu indeks yang disebut faktor keamanan (*F*), yang didefinisikan sebagai berikut:

$$F = \frac{s}{s_m} = \dots\dots\dots (1)$$

Besarnya tahanan geser yang diperlukan agar lereng berada dalam kondisi tepat seimbang (*S<sub>m</sub>*) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_m = \frac{c' \beta + (N - u \beta) \tan \phi'}{F} \dots\dots\dots (2)$$

Setelah geometri dari bidang runtuh ditentukan kemudian selanjutnya massa di atas bidang runtuh dibagi ke dalam sejumlah irisan tertentu. Tujuan dari pembagian tersebut adalah untuk mempertimbangkan terdapatnya variasi kekuatan geser dan tekanan air pori sepanjang bidang runtuh.

### 2.3 Tipe-tipe Dinding Penahan Tanah

Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Bangunan ini banyak digunakan pada proyek-proyek: irigasi, jalan raya, pelabuhan, dan lain-lainnya. Elemen-elemen fondasi, seperti bangunan ruang

bawah tanah (*basement*), pangkal jembatan (*abutment*), selain berfungsi sebagai bagian bawah dari struktur, berfungsi juga sebagai penahan tanah di sekitarnya.

Terdapat beberapa tipe dinding penahan tanah eksternal antara lain, *In-Situ (Embedded)* yaitu *sheet pile, soldier pile, precast concrete*, Jenis Dinding *Gravity* dapat sebagai berikut, dinding gravitasi *concrete*, dinding semi gravitasi, dinding kantilever, dinding *counterfort*, dinding krib, dinding tanah bertulang (*reinforced earth wall*)

## 2.4 Perancangan Struktural

Pada umumnya dimensi dinding penahan ditentukan dengan cara coba-coba. Beberapa percobaan hitungan tersebut akan menghasilkan bentuk yang dianggap paling cocok dan memenuhi syarat kestabilannya.

### 2.4.1 Bentuk Dinding Penahan Eksternal Type In-Situ (Embedded)

Dalam beberapa kasus, tiang turap kantilever harus disorongkan ke dalam lapisan lempung yang mempunyai kohesi taksalur (*undrained cohesion*),  $c$  (konsep  $\phi = 0$ ). Diagram tekanan bersih akan agak berbeda daripada yang turap yang disorongkan ke dalam lempung dengan bahan isian di belakng turap adalah tanah granular yang terletak di atas arisan galian. Misalkan lah permukaan air terletak pada kedalaman  $L_1$  di bawah puncak turap. Sebagaimana sebelumnya, dengan menggunakan Pers. (1) dan (2), intensitas tekanan tanah bersih  $p_1$  dan  $p_2$  dapat dihitung, sehingga diagram untuk distribusi tekanan tanah di atas permukaan garis galian dapat digambarkan. Intensitas tekanan aktif pada kedalaman  $L_1$  dapat dinyatakan sebagai,

$$P_1 = 0,5 \gamma K_a L_1^2 \dots\dots\dots (3)$$

Dengan diketauinya momen lentur maksimum, untuk selanjutnya

menentukan profil tiang turap yang diperlukan.

### 2.4.2 Bentuk Dinding Penahan Eksternal Type Gravity

Dimensi-dimensi yang tercantum dalam gambar tersebut hanya sebagai petunjuk awal untuk langkah perancangan. Dinding gravitasi Gambar 2.18a. Bentuk dinding penahan harus sedemikian hingga resultan gaya-gaya terletak pada bagian tengah sejarak sepertiga lebar atau  $e < B/6$  ( $e$  = eksentrisitas dihitung dari pusat fondasi). Tebal puncak dinding penahan dibuat diantara 0,30 – ( $H/12$ ) meter.

Dinding kantilever, dimensi pelat dasar dinding kantilever dibuat sedemikian hingga eksentrisitas resultan beban terletak pada  $e < (B/6)$ .

Jika resultan beban jatuh di luar daerah tersebut, tekanan fondasi menjadi terlalu besar dan hanya

sebagian luasan fondasi yang mendukung beban. Tebal puncak dinding minimum kira-kira 0,20 m.

Hal ini, kecuali untuk memudahkan pengecoran beton, juga untuk keperluan keindahan.

Perancangan masing-masing bagian dari dinding penahan dilakukan sebagai berikut:

#### A. Dinding gravitasi

Dinding gravitasi umumnya dibuat dari pasangan batu, atau beton. Bila dinding penahan dibuat dari beton, sedikit tulangan dibutuhkan untuk menanggulangi perubahan temperatur. Dimensi

1. Tegangan vertikal minimum pada badan dinding:  
 $\sigma = \frac{V}{B}(1 \pm 6e/B) \geq \text{Kuat ijin bahan} \dots\dots\dots (4)$
2. Tegangan vertikal minimum pada badan dinding:  
 $\sigma = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \geq 0 \dots\dots\dots (5)$
3. Gaya lintang pada badan dinding:  
 $\tau = \frac{H}{B} \leq \text{Kuat geser ijin bahan} \dots\dots\dots (6)$

#### B. Dinding kantilever

Bagian-bagian dinding kantilever terdiri dari: dinding, pelat fondasi belakang dan pelat fondasi depan. Pada setiap bagian ini dirancang seperti cara merancang struktur kantilever. Untuk merancang pelat fondasi, tekanan tanah yang terjadi pada bagian dasar fondasi yang dihitung lebih dulu, yaitu dengan menganggap distribusi tekanan tanah linier.

Tekanan pada tanah dasar akibat beban dinding penahan yang terjadi pada ujung-ujung pelat fondasi yang dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Bila } e \leq \frac{B}{6} \\ q = \frac{V}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{Bila } e > \frac{B}{6} \\ q_{max} = \frac{2V}{3(B-2e)} \dots \dots \dots (8)$$

Bila  $e \leq B/6$ , maka tekanan dinding ke tanah yang terjadi berbentuk trapesium, sedang bila  $e > B/6$ , maka diagram tekanan berupa segitiga.

**2.5 Hitungan Stabilitas Dinding Penahan**

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan meliputi:

1. Berat sendiri dinding penahan (*W*)
2. Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug (*Pa*)
3. Gaya tekanan tanah pasif total di depan dinding (*Pp*)
4. Tekanan air pori di dalam tanah (*Pw*)
5. Reaksi Tanah Dasar (*R*)

Selain itu, jika tanah dasar mudah mampat, penurunan tak seragam yang terjadi harus tidak boleh berlebihan.

**2.5.1 Stabilitas terhadap Penggeseran**

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

1. Gesekan antara tanah dengan dasar fondasi.
2. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5 \dots \dots \dots (9)$$

**2.5.2 Stabilitas terhadap Penggulingan**

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi. Faktor aman akibat

terhadap penggulingan (*Fgl*), didefinisikan sebagai:

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \dots \dots \dots (10)$$

**2.5.3 Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah**

Beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah, seperti persamaan-persamaan kapasitas dukung *Terzaghi* (1943), *Meyerhof* (1951, 1963), *Vesic* (1975), dan *Hansen* (1970).

Untuk lempung jenuh ( $\phi = 0$ ), Brinch Hansen menyarankan persamaan kapasitas dukung ultimit:

$$q_u = 5,14 C_u (1s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + p_o \dots (11)$$

**2.6 Program Geoslope**

Program *Geoslope* adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Software ini melingkupi *SLOPE/ W*, *SEEP/ W*, *SIGMA/ W*, *QUAKE/ W*, *TEMP/ W*, dan *CTRAN/ W*, yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain. Ini unik dan fitur yang kuat sangat memperluas jenis masalah yang dapat dianalisis dan memberikan fleksibilitas untuk memperoleh modul seperti yang dibutuhkan untuk proyek yang berbeda. Software ini dapat menganalisa masalah batas *fluks* seperti:

1. Rancangan dan memonitor performa satu atau lebih lapisan yang menutupi tambang dan fasilitas limbah rumah.
2. Menentukan iklim yang mengontrol distribusi tekanan pori-air pada lereng untuk digunakan dalam analisis stabilitas.
3. Menentukan infiltrasi, evaporasi dan transpirasi dari proyek-proyek pertanian atau irigasi.

**2.7 Metode Elemen Hingga (*Plaxis*)**

*Plaxis (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis)* merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil.

Berdasarkan persamaan tegangan geser tanah (*t*) *Mohr-Coulomb* (1776), kekuatan geser tanah yang tersedia atau yang dapat dikerahkan oleh tanah adalah:

$$\tau = c + (\sigma - u) \tan \phi \dots \dots \dots (12)$$

$$Sf = \frac{\text{Kekuatan Geser yang Tersedia}}{\text{Kekuatan Geser saat Runtuh}} \dots \dots \dots (13)$$

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Lokasi Studi

Lokasi penelitian ini terletak di Jalan Soekarno Hatta Kecamatan Balikpapan Utara Kelurahan Batu Ampar Kota Balikpapan pada area Kampus Politeknik Negeri Balikpapan  $\pm$  8 KM Jalan Raya Balikpapan–Samarinda. Pada lokasi tersebut sedang berlangsung pembangunan Gedung Serbaguna. Untuk kegiatan pembangunan Gedung Serbaguna ini perlu dilakukan pemotongan dan perataan lahan yang cukup luas. Saat pekerjaan pemotongan dan perataan lahan ini, disinyalir telah terjadipergerakan–pergerakan tanah yang cukup berarti dari bagian–bagian lereng yang tidak terkena pemotongan.



#### 3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan hal yang sangat penting dalam proses penelitian yang akan dilakukan, semakin lengkap data yang diperoleh maka hasil dari *output* yang diberikan pun semakin akurat. Namun perlu diperhatikan juga mengenai jumlah data yang diambil, karena hal tersebut berkaitan erat dengan masalah biaya. Perolehan data harus dapat mewakili dan menggambarkan secara umum kondisi lapangan yang bersangkutan. Dalam penelitian ini penulis mengumpulkan data berupa data primer dan data sekunder.

##### 3.2.1 Data Sekunder

Dalam penelitian ini penulis mendapatkan data dari buku–buku referensi yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas akhir. Penulis

mendapatkan data–data yang diperoleh dari PT Meranti Permain Indah selaku kontraktor, PT. Byma Arsihas selaku konsultan pengawas dan Perencana, data lapangan yang diambil adalah data–data dari proyek penanganan kelongsoran yang sesungguhnya seperti terlihat pada Tabel 3.1 berikut:

**Tabel 1. Data–data sekunder**

No	Perusahaan	Jenis Data	Lampiran
1	PT. Widyacona	a. Data penyelidikan tanah	Terlampir
		b. Data Survey Topografi	Terlampir
2	PT. Byma Arsihas	a. <i>As built Drawing</i>	Terlampir
		b. Foto dokumentasi	Terlampir

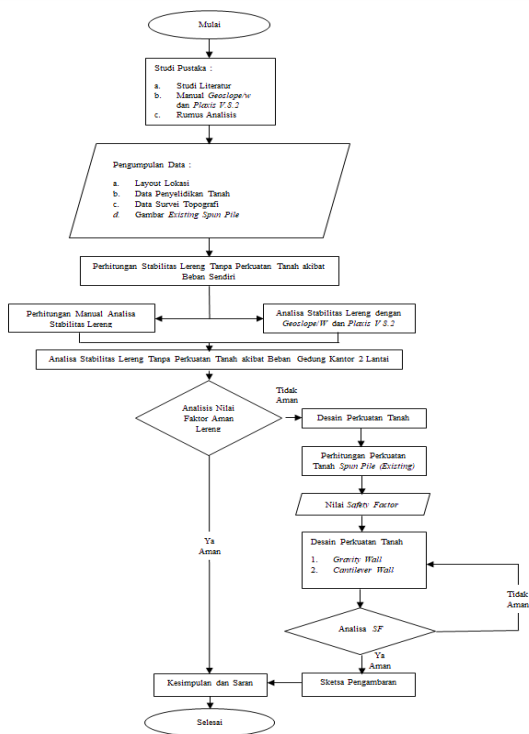
##### 3.2.2 Data Tanah

Data tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari penelitian PT Widyacona (2014) di Jalan Soekarno Hatta Kecamatan Balikpapan Utara Kelurahan Batu ampas Kota Balikpapan pada area kampus Politeknik Negeri Balikpapan  $\pm$  8 KM Jalan Raya Balikpapan–Samarinda.

##### 3.2.3 Pembebanan

Pada penelitian ini pembebanan lalu lintas yang digunakan sebesar 12 kPa dan untuk pembebanan bangunan atau beban di luar jalan sebesar 10 kPa, dikarenakan daerah tersebut berada pada kelas jalan III.

### 3.3 Bagan Alur Penelitian



**Gambar 1. Diagram alir penelitian**

#### 4. Analisis dan Pembahasan

##### 4.1 Perhitungan Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Manual dengan Berat Sendiri)

1. Faktor keamanan  
 $f = 1$
2. Berat jenis air ( $\gamma_w$ )  
 $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$
3. Berat total irisan ( $W$ )  
 $W = \Sigma(b \times h \times \gamma)$   
 $W = 361,646 \text{ kN}$
4. Tekanan air pori ( $\mu$ )  
 $\mu = \gamma_w \times h_w \times (\cos(\theta))^2$   
 $= 9,810 \times 4,340 \times (\cos 0^\circ)^2$   
 $= 42,575 \text{ kN/m}^2$
5. Panjang dasar irisan ( $\beta$ )  
 $\beta = b \times (1/(\cos(\alpha)))$   
 $= 4,000 \times (1/(\cos(65,638^\circ)))$   
 $= 9,697 \text{ m}$
6. Nilai hasil kali dari tekanan air pori ( $\mu$ ) dan panjang dasar irisan ( $\beta$ )

$$\begin{aligned} \mu\beta &= \mu \times \beta \\ &= 42,575 \times 9,697 \\ &= 412,852 \text{ kN} \end{aligned}$$

7. Nilai hasil kali antar kohesi (C) dan panjang dasar irisan ( $\beta$ )  
 $C\beta = C \times \beta$   
 $= 140,000 \times 9,697$   
 $= 1357,575 \text{ kN}$

8. Nilai  $m_\alpha$   
 $\alpha = 65,638^\circ$   
 $\phi = 0^\circ$   
 $m_\alpha = \cos \alpha + ((\sin \alpha \tan \phi)/f \text{ lama})$   
 $= 0,413$

9. Gaya normal total pada dasar irisan (N)  
 $N = 1 / m_\alpha \times (W - (C\beta \times \sin \alpha - \mu\beta \times \sin \alpha \times \tan \phi)/f \text{ lama})$   
 $= -2121,323 \text{ kN}$

10. Kekuatan geser material yang tersedia ( $R_M$ )  
 $R_M = \Sigma(C\beta + (N - \mu\beta) \times \tan \phi)$   
 $= 1357,575$

11. Kekuatan geser yang diperlukan agar tepat seimbang ( $D_M$ )  
 $D_M = \Sigma(W \times \sin \alpha)$   
 $= 361,646 \times \sin (65,638^\circ)$   
 $= 329,444$

12. Faktor keamanan Iterasi 1  
 $FK = R_M \div D_M$   
 $= 10931,387 \div 3637,711$   
 $= 3,005$

##### 4.2 Perhitungan Manual Kestabilan Lereng dengan Berat Sendiri dan Berat Gedung Kantor (Rektorat Politeknik Negri Balikpapan)

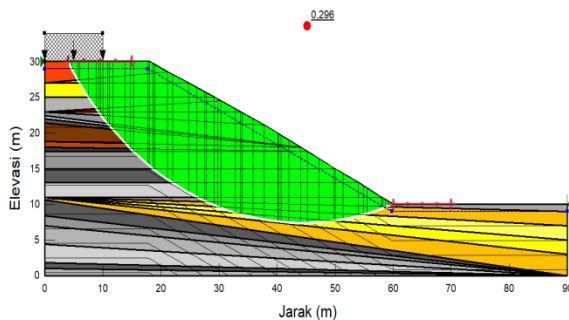
– Kekuatan geser yang diperlukan agar tepat seimbang ( $D_M$ )  
 $D_M = \Sigma(W \times \sin \alpha)$   
 $= 5020,732 \times \sin (54,045^\circ)$   
 $= 32601,958$

– Faktor keamanan Iterasi 1  
 $FK = R_M \div D_M$   
 $= 12783,205 \div 32601,958$   
 $= 0,392$

##### 4.3 Perhitungan dengan Bantuan Aplikasi Geostudio 2012 Slope/W Kestabilan Lereng dengan Berat

**Sendiri dan Berat Gedung Kantor (Rektorat Politeknik Negeri Balikpapan)**

Nilai-nilai parameter diatas akan digunakan pada program Slope/W dan akan dianalisa dengan dua jenis kasus dengan permodelan Mohr-Coulomb, yaitu: Analisa tegangan total adalah kondisi dimana lereng berat sendiri dan berat gedung kantor dan analisa tegangan efektif dimana muka air normal dengan kondisi lereng berat sendiri dan berat gedung kantor (Rektorat Politeknik Negeri Balikpapan).



**Gambar 2. Kondisi lereng dengan berat sendiri dan berat gedung kantor rektorat**

**Tabel 2. Rekapitulasi angka keamanan lereng**

Lereng	Angka Keamanan		Angka Keamanan Izin
	Perhitungan Manual	Aplikasi Slope/W	
Berat sendiri	3,051	2,907	1,250
Berat sendiri dan berat gedung kantor	0,392	0,296	

**4.4 Perencanaan Dinding Penahan Tanah Turap Spun Pile (Exisiting)**

1. Menghitung stabilitas terhadap penggeseran

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} > 1,5$$

$$F_{gs} = \frac{251,473}{219,721} > 1,5$$

$$F_{gs} = 1,145$$

$F_{gs} > 1,5$  (Stabilitas geser tidak aman)

2. Menghitung stabilitas terhadap penggulingan:

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_g} > 1,5$$

$$F_{gl} = \frac{462,806}{862,235} > 1,5$$

$$F_{gl} = 0,537$$

$F_{gl} > 1,5$  (Stabilitas guling tidak aman)

**Tabel 3. Rekapitulasi Stuktur dinding penahan tanah turap spun pile**

Teori	Angka Keamanan		Angka Keamanan Izin
	Geser	Guling	
Rankine	1,145	0,537	1,50
Coulomb	1,426	0,760	
Plaxis V8.2	1,136		

Dalam hasil perhitungan struktur dinding penahan tanah turap spun pile tidak memenuhi syarat dalam angka keamanan lereng yang di izinkan. Dikarenakan turap spun pile tidak bisa dihitung sebagai dinding penahan tanah dikarenakan stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah tidak dapat di hitung karena nilai lebar efektif lebih kecil dari pada nilai eksentrisitas sehingga nilai keruntuhan tidak dapat diperoleh. Dan disimpulkan bahwa kenapa rankine nilainya lebih kecil dari pada teori coulomb dikarenakan tekanan tanah pada teori coulomb lebih besar dan momen yang di hasilkan tinggi. Sehingga lereng tersebut harus diberikan penanganan lebih lanjut seperti dinding perkuataan tanah yaitu gravity wall dan cantilever wall.

**4.5 Perencanaan Dinding Penahan Tanah Gravity Wall**

- Berat dinding penahan tanah dan beton di atas per 1 m  
 $W1 = 1/2 \times B3 \times (H1 + H2) \times \gamma_{beton}$



- $= 1/2 \times 0,250 \times (1,000 + 1,500) \times 24$   
 $= 7,500 \text{ kN}$
- Jarak beban terhadap ujung dinding penahan tanah (di titik O)  
 $X1 = (2/3 \times B3) + B4$   
 $= (2/3 \times 0,250) + 0,250$   
 $= 0,417 \text{ m}$
  - Momen terhadap ujung dinding penahan (di titik O)  
 $M1 = W1 \times X1$   
 $= 7,500 \times 0,417$   
 $= 3,125 \text{ kN.m}$

**Tabel 4. Gaya vertikal dan gaya momen terhadap kaki depan (titik O)**

No.	Jarak dari O m	Berat (W) kN	Momen ke O kN.m
1.	0,417	7,500	3,125
2.	0,625	15,000	9,375
3.	1,375	16,538	22,739
4.	1,375	13,425	18,459
5.	1,000	24,000	24,000
6.	1,375	96,000	132,000
<b>Jumlah</b>		$\sum W = 172,463$	$\sum M_w = 209,698$

- Koefisien tekanan aktif ( $K_a$ )  
Teori *rankine*  
 $K_{a1} = \frac{1 - \sin \phi_1}{1 + \sin \phi_1}$   
 $K_{a1} = \frac{1 - \sin 25^\circ}{1 + \sin 25^\circ}$   
 $K_{a1} = \frac{0,577}{1,423}$   
 $K_{a1} = 0,406$
- Koefisien tekanan pasif ( $K_p$ )  
Teori *rankine*  
 $K_{p1} = \frac{1 + \sin \phi_1}{1 - \sin \phi_1}$   
 $K_{p1} = \frac{1 + \sin 25^\circ}{1 - \sin 25^\circ}$   
 $K_{p1} = \frac{1,423}{0,577}$   
 $K_{p1} = 2,464$

- Tekanan tanah aktif ( $P_a$ )  
 $P_{a1} = K_{a1} \times q \times H$   
 $P_{a1} = 0,406 \times 12,000 \times 3,000$   
 $P_{a1} = 14,611 \text{ kN}$
- Tekanan tanah pasif ( $P_p$ )  
 $P_p = \frac{1}{2} \times K_{p1} \times \gamma_{b1} \times H_4^2$   
 $P_p = \frac{1}{2} \times 2,464 \times 13,230 \times 0,250^2$   
 $P_p = 1,019 \text{ kN}$
- Jarak ( $l$ ) lengan terhadap titik O  
 $l_1 = \frac{1}{2} \times H$   
 $l_1 = \frac{1}{2} \times 3,000$   
 $l_1 = 1,500 \text{ m}$

**Tabel 5. Tekanan tanah aktif total dan momen terhadap O**

No.	Jarak dari O m	Tekanan Tanah Aktif Total (Pa) kN	Momen ke O kN.m
1.	1,500	14,611	21,916
2.	2,333	2,685	6,264
3.	1,000	10,739	10,739
4.	0,667	5,812	3,875
5.	0,667	19,620	13,080
<b>Jumlah</b>		$\sum P_a = 53,467$	$\sum M_a = 55,874$

**Tabel 6. Tekanan tanah pasif total dan momen terhadap O**

No.	Jarak dari O m	Tekanan Tanah Pasif Total (Pa) kN	Momen ke O kN.m
1.	0,083	1,019	0,085
<b>Jumlah</b>		$\sum P_p = 1,019$	$\sum M_p = 0,085$

- Perhitungan stabilitas penggeseran, penggulingan, keruntuhan kapasitas daya dukung tanah
  1. Jumlah gaya-gaya horizontal  
 $\sum P_h = \sum P_a - \sum P_p$   
 $\sum P_h = 53,467 - 1,019$   
 $\sum P_h = 52,448 \text{ kN}$
  2. Momen yang mengakibatkan penggulingan  
 $\sum M_g = \sum M_a - \sum M_p$

- $\sum M_g = 55,874 - 0,085$   
 $\sum M_g = 55,790 \text{ kN.m}$
- Menghitung stabilitas penggeseran
 
$$\sum R_h = (C_a \times B) + \sum W \tan \delta$$

$$\sum R_h = (37,500 \times 2,000) + 172,463 \tan 16,667^\circ$$

$$\sum R_h = 126,632 \text{ kN}$$
  - Menghitung stabilitas terhadap penggeseran
 
$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} > 1,5$$

$$F_{gs} = \frac{126,632}{52,448} > 1,5$$

$$F_{gs} = 2,414 > 1,5$$
 (Stabilitas Geser Aman)
  - Menghitung stabilitas terhadap penggulingan
 
$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_g} > 1,5$$

$$F_{gl} = \frac{209,698}{55,790} > 1,5$$

$$F_{gl} = 3,759 > 1,5$$
 (Stabilitas Guling Aman)
  - Untuk lempung jenuh ( $\phi = 0$ ), Brinch Hansen menyarankan persamaan kapasitas dukung ultimit:
 
$$qu = 5,14 C_u (1 + sc' dc' - ic' - bc' - gc') + P_o$$

$$qu = 5,14 \times 37,500 (1 + 0,357 + 0,050 - 0,040 - 0 - 0) + 2,260$$

$$qu = 272,717 \text{ kN/m}^2$$
  - Bila dihitung berdasarkan lebar fondasi efektif, yaitu tekanan fondasi ke tanah dasar terbagi rata secara sama maka:
 
$$q' = \frac{\sum W}{B'}$$

$$q' = \frac{172,463}{1,785}$$

$$q' = 96,626 \text{ kN/m}^2$$
  - Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah:
 
$$F = \frac{qu}{q'} < 3$$

$$F = \frac{272,717}{96,626} < 3$$

$$F = 2,822 < 3$$
 (Mengggunakan tiang pancang)
- Tiang pancang tunggal beton metode U.S. Army Corps
- Tahanan ujung persatuan luas (Fb)
 
$$Cb_4 = 71,429 \text{ kN/m}^2$$
  - Tahanan ujung persatuan luas (Fb)
 
$$Fb = Cb_4 \times Nc + Pb$$

$$= (71,429 \times 9) + 18,080$$

$$= 660,937 \text{ kN/m}^2$$
  - Tahanan ujung tiang ultimit (Qb)
 
$$Qb = Fb \times Ab$$

$$= 660,937 \times 0,123$$

$$= 80,965 \text{ kN}$$
  - Kapasitas dukung ultimit neto (Qu)
 
$$Qu = Qs + Qb - Wp$$

$$= 90,300 + 80,965 - 5,880$$

$$= 165,385 \text{ kN}$$
  - Faktor keamanan (F)
 
$$F = 2,500$$
  - Kapasitas dukung ijin tiang neto (tekan)
 
$$Qa = Qu / F$$

$$= 165,385 / 2,5 = 66,154 \text{ kN}$$
  - Faktor keamanan (F)
 
$$F = 3,000$$
  - Kapasitas dukung ijin tiang neto (tarik)
 
$$Qa = Qu / F$$

$$= 165,385 / 3 = 55,128 \text{ kN}$$
- Tiang pancang kelompok beton metode U.S. Army Corps
- Kapasitas dukung kelompok tiang (Qg)
 
$$Qg = 2 \times L_3 \times (B+L) \times Cu_3 + 1,3 \times Cb_4 \times Nc \times B \times L$$

$$= 2 \times 2,000 \times (2+1) \times 37,500 + 1,3 \times 71,429 \times 9 \times 2 \times 1$$

$$= 2121,429 \text{ kN}$$
  - Kohesi tanah di sekeliling kelompok tiang pada lapisan 3 (Cu<sub>3</sub>)
 
$$F = 3,000$$
  - Kapasitas dukung kelompok tiang (Qg/Sf)
 
$$Qg/F = 2121,429/3$$

$$= 707,143 \text{ kN}$$
  - Jumlah baris tiang (m)
 
$$m = 2,000$$

5. Jumlah tiang dalam satu baris ( $n'$ )

$$n' = 100$$

6. Jumlah tiang pancang keseluruhan ( $n$ )

$$\begin{aligned} n &= m \times n' \\ &= 2 \times 100 \\ &= 200 \end{aligned}$$

7. Arc tg d/s dalam derajat

$$\begin{aligned} \theta &= \text{Arc Tg d/s} \\ &= \text{Arc Tg } 0,350/1,000 \\ &= 19,290^\circ \end{aligned}$$

8. Efisiensi kelompok tiang

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \times [(n' - 1) \times m + \\ &(m - 1) \times \\ &n'] / 90 \times m \times n' \\ &= 1 - 19,290 \times [(100 - \\ &1) \times 2 + (2 - \\ &1) \times 100] / 90 \times 2 \times 100 \\ &= 0,681 \end{aligned}$$

9. Kapasitas dukung ijin tiang neto (tarik)

$$Q_a = 55,128 \text{ kN}$$

10. Kapasitas dukung kelompok tiang ijin

$$\begin{aligned} E_g \times n \times Q_a &= 0,681 \times 200 \\ &\times 55,128 \\ &= 7504,529 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban yang dapat didukung kelompok tiang adalah nilai terkecil yaitu 2121,429 kN

#### 4.6 Perencanaan Dinding Penahan Tanah *Cantilever Wall*

- Perhitungan stabilitas penggeseran, penggulingan, keruntuhan kapasitas daya dukung tanah

1. Jumlah gaya-gaya horizontal

$$\begin{aligned} \sum P_h &= \sum P_a - \sum P_p \\ \sum P_h &= 121,280 - 3,301 \\ \sum P_h &= 117,979 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Momen yang mengakibatkan penggulingan

$$\begin{aligned} \sum M_g &= \sum M_a - \sum M_p \\ \sum M_g &= 183,358 - 0,495 \end{aligned}$$

$$\sum M_g = 182,863 \text{ kN.m}$$

3. Menghitung stabilitas penggeseran

$$\begin{aligned} \sum R_h &= (C_a \times B) + \sum W \tan \delta \\ \sum R_h &= (37,500 \times 3,000) \\ &+ 238,435 \tan 16,667^\circ \\ \sum R_h &= 183,883 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Menghitung stabilitas terhadap penggeseran

$$\begin{aligned} F_\phi &= \frac{\sum R_h}{\sum P_h} > 1,5 \\ F_\phi &= \frac{183,883}{117,979} > 1,5 \\ F_\phi &= 1,559 > 1,5 \\ &(\text{Stabilitas Geser Aman}) \end{aligned}$$

5. Menghitung stabilitas terhadap penggulingan

$$\begin{aligned} F_\phi &= \frac{\sum M_w}{\sum M_g} > 1,5 \\ F_\phi &= \frac{428,826}{182,863} > 1,5 \\ F_\phi &= 2,345 > 1,5 \\ &(\text{Stabilitas Guling Aman}) \end{aligned}$$

6. Untuk lempung jenuh ( $\phi = 0$ ), Brinch Hansen

$$\begin{aligned} \text{menyarankan persamaan kapasitas dukung ultimit} \\ qu &= 5,14 C_u (1 + sc'dc' - ic' - bc' - gc') + P_o \\ qu &= 5,14 \times 37,500 (1 + 0,413 + 0,060 \\ &0,011 - 0 - 0) + 4,068 \\ qu &= 285,839 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

7. Bila dihitung berdasarkan lebar fondasi efektif, yaitu tekanan fondasi ke tanah dasar terbagi rata secara sama maka:

$$\begin{aligned} q' &= \frac{\sum w}{B'} \\ q' &= \frac{238,435}{2,063} \\ q' &= 115,569 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

8. Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah

$$\begin{aligned} F &= \frac{qu}{q'} < 3 \\ F &= \frac{285,839}{115,569} < 3 \\ F &= 2,473 < 3 \\ &(\text{Menggunakan tiang pancang}) \end{aligned}$$

9. Atau dapat pula dihitung dengan kapasitas berdasarkan distribusi tekanan kontak antara tanah dan fondasi dianggap linier

$$F = \frac{(qu \times B')}{\sum W} < 3$$

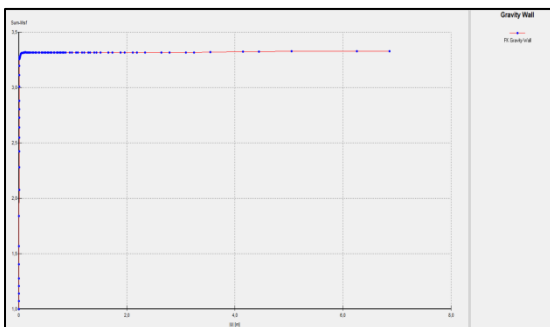
$$F = \frac{(285,839 \times 2,063)}{238,435} < 3$$

$$F = 2,473 < 3$$

(Menggunakan tiang pancang)

#### 4.7 Analisis dengan Program Plaxis V 8.2 Dinding Penahan Tanah Gravity Wall

Tahap perhitungan faktor keamanan (FK), yaitu tahapan yang dilakukan dengan jenis perhitungan reduksi  $\phi/c$ . Dengan masukan pembebanan otomatis diatur pada faktor pengali. Faktor keamanan umumnya didefinisikan sebagai perbandingan dari beban runtuh terhadap beban kerja. Kurva untuk nilai keamanan pada lereng dengan perkuatan *gravity wall* dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah.



**Gambar 3. Kurva angka keamanan dengan perkuatan *gravity wall* pada titik tinjau A**

Berdasarkan hasil analisis stabilitas longsor dengan menggunakan program *Plaxis* diatas maka angka keamanan lereng dengan perkuatan tanah *gravity wall* sebesar 3,327. Nilai angka keamanan tersebut lebih besar dari nilai yang disyaratkan yaitu 1,5. Sehingga lereng dengan perkuatan *gravity wall* aman terhadap longsor lereng.

**Tabel 7. Rekapitulasi dinding penahan tanah (turap *spun pile, gravity wall, cantilever wall*)**

Struktur DPT Parameter Analisis	Angka Keamanan			Angka Keamanan Izin
	Turap	Gravity	Cantilever	
Geser	1,145	2,414	1,559	1,50 Untuk Geser dan Guling
Guling	0,537	3,759	2,345	
Keruntuhan	—	2,822	2,473	3,00 Untuk Keamanan Keruntuhan
<i>Plaxis</i> 8.2	1,136	3,327	2,847	

(Teori Rankine)

**Tabel 8. Rekapitulasi dinding penahan tanah (turap *spun pile, gravity wall, cantilever wall*)**

Struktur DPT Parameter Analisis	Angka Keamanan			Angka Keamanan Izin
	Turap	Gravity	Cantilever	
Geser	1,426	2,364	1,551	1,50 Untuk Geser dan Guling
Guling	0,760	3,591	2,263	
Keruntuhan	—	2,755	2,370	3,00 Untuk Keamanan Keruntuhan
<i>Plaxis</i> 8.2	1,136	3,327	2,847	

(Teori Coulomb)

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

1. Nilai angka keamanan untuk stabilitas lereng dengan perhitungan manual metode bishop terhadap akibat beban sendiri dan akibat beban gedung kantor didapatkan nilai yang tidak memenuhi nilai angka keamanan yang disyaratkan yaitu sebesar 1,000. Nilai stabilitas lereng untuk beban sendiri sebesar 3,051 sedangkan untuk nilai stabilitas lereng akibat beban gedung kantor sebesar 0,392. Sehingga lereng kondisi *existing* dikatakan tidak aman terhadap kelongsoran lereng terhadap beban yang diterimanya.
2. Nilai angka keamanan untuk stabilitas lereng dengan bantuan aplikasi *Slope/w* metode bishop akibat beban sendiri dan akibat beban gedung kantor didapatkan nilai yang tidak memenuhi nilai angka keamanan yang disyaratkan yaitu sebesar 1,000. Nilai stabilitas lereng untuk beban sendiri sebesar 2,907 sedangkan untuk nilai stabilitas lereng akibat beban gedung kantor sebesar 0,296. Sehingga lereng kondisi *existing* dikatakan tidak aman terhadap kelongsoran lereng terhadap beban yang diterimanya.
3. Berdasarkan hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah, maka diperoleh kesimpulan bahwa perhitungan dinding penahan tanah pada Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Politeknik Negeri Balikpapan, untuk angka keamanan pada lereng dengan perkuatan tanah turap *spun pile* tidak aman terhadap stabilitas pergeseran dengan nilai  $1,145 \leq 1,5$  dan tidak

aman stabilitas penggulingan dengan nilai  $0,537 \leq 1,5$  sehingga perkuatan turap *spun pile* tidak aman untuk menahan longsor. Oleh sebab itu di berikan dua alternatif untuk penanganan kelongsoran pada lokasi Politeknik Balikpapan untuk angka keamanan pada lereng dengan perkuatan tanah *gravity wall* aman terhadap stabilitas pergeseran dengan nilai  $2,414 \geq 1,5$  dan aman stabilitas penggulingan dengan nilai  $3,759 \geq 1,5$  dan tidak aman terhadap stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah dengan nilai  $2,822 \leq 3$  oleh sebab itu *gravity wall* ditambahkan tiang pancang beton untuk menahan keruntuhan. Untuk angka keamanan pada lereng dengan perkuatan tanah *cantilever wall* aman terhadap stabilitas pergeseran dengan nilai  $1,559 \geq 1,5$  dan aman stabilitas penggulingan dengan nilai  $2,345 \geq 1,5$  dan tidak aman terhadap Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah dengan nilai  $2,473 \leq 3$  oleh sebab itu *cantilever wall* ditambahkan tiang pancang beton untuk menahan keruntuhan. Nilai angka keamanan pada lereng dengan perkuatan tanah turap *spun pile* dengan bantuan aplikasi *Plaxis 8.2* teori *mohr-coulomb* tidak aman sebesar  $1,136 \leq 1,5$ , nilai *gravity wall* dengan bantuan aplikasi *Plaxis 8.2* teori *mohr-coulomb* aman sebesar  $3,327 \geq 1,5$  dan nilai *cantilever wall* dengan bantuan aplikasi *Plaxis 8.2* teori *mohr-coulomb* aman sebesar  $2,847 \geq 1,5$ .

4. Dari nilai keamanan dinding penahan tanah yang di analisis maka dapat disimpulkan perkuatan tanah dengan faktor keamanan yang besar dan faktor keamanan yang diizinkan untuk menahan kelongsoran yaitu perkuatan tanah *gravity wall*.

## 5.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, perencanaan dalam dinding penahan tanah perlu mengetahui dan memahami yang akan dibangun dinding penahan tanah. Sehingga perencanaan dinding penahan tanah dapat diperhitungkan secara tepat menurut kondisi lapangan.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya perlu memperhitungkan adanya muka air tanah dengan letak yang bervariasi.
3. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan peninjauan perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dengan sudut geser dan nilai kohesi tanah yang berbeda.
4. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dapat dilakukan dengan *software* geoteknik lain.

## Daftar Pustaka

1. A. Hanggoro T. Cahyo. 2011. *Hand Out* Komputasi Geoteknik Pengenalan Software *Plaxis* Sesi 1–6. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
2. Arief, Saifuddin. 2008. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Irisan (online), (<https://www.scribd.com/doc/75742926>), diakses 20 Agustus 2018).
3. Badan Standar Nasional. 2005, Penyusun Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah SNI 13-7124-2005.
4. Badan Standar Nasional. 2017, Persyaratan Perancangan Geoteknik, SNI 8460:2017.
5. Balfas, Muhammad Dahlan, dkk. 2014, Panduan Tugas Akhir, Skripsi, dan Praktik Kerja Lapangan, Samarinda, Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
6. Bowles, J. 1984. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta. Erlangga.
7. Bowles, JE., 1989, Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah, Erlangga, Jakarta
8. Bowles, J. 1991. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta. Edisi Kedua.
9. Erlangga. Hardiyatmo, H. C. 2014. Analisis dan Perancangan Fondasi I (3<sup>rd</sup> ed). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
10. Hardiyatmo, H. C. 1992. Mekanika Tanah I. Jakarta: Gramedia.
11. Hardiyatmo, H.C., 2002, Teknik Pondasi I, Edisi Kedua, Yogyakarta: Beta Offset.
12. Hardiyatmo, H.C., 2003, Mekanika Tanah II. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
13. Hardiyatmo, H.C., 2012, Mekanika Tanah I. Edisi Enam. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
14. Hardiyatmo, H.C., 2014. Analisis dan Perancangan Fondasi 1 Edisi 3. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

15. Hardiyatmo, H. C. 2017. Analisis dan Perancangan Fondasi I (3<sup>rd</sup> ed). Yogyakarta: Gajah Mada *University Press*.
16. L.D.Wesley (1977), Mekanika Tanah, cetakan VI, Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
17. Luriyanto, Apri. Iqbal Maulana, Sri Prabandiyani R.W., dan Indrastono Dwi Atmanto. 2014. Analisis Stabilitas Lereng Dan Alternatif Penanganannya: Studi Kasus Longsoran Pada Ruas Jalan Pringsurat KM. MGL. 22+631 – 22+655 Kabupaten Temanggung. Semarang: Jurnal Karya Teknik Sipil
18. Plaxis. 2012. Tutorial Manual. A.A. Balkema. Rotterdam.
19. Pranata, H. 2010. Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Perhitungan Manual dan Kontrol Gaya-Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah Dengan Metode SAP 2000 *Plane-Strain*, Tugas Akhir, Teknik Sipil, Universitas Tadulako Palu.
20. SNI 2847-2013. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung . Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
21. Soedarmo, G. Djatmiko & Purnomo, S. J. Edy. 1997. Mekanika Tanah 2. Yogyakarta: Kanisius.
22. Sunggono kh. 1995. Buku Teknik Sipil. Nova: Bandung.
23. Suryolelono, K. B. 2004. Perancangan Fondasi. Yogyakarta: Penerbit Nafiri.
24. Verhoef, PNW. 1994. Geologi Untuk Teknik Sipil. Erlangga. Jakarta.