



## Analisis Desain Tembok Penahan Tanah Desa Panemon - Sugihwaras - Bojonegoro

Mohammad Zainul Ikhwan

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sainstek; Universitas Bojonegoro

### Abstract

Received: 19 Agustus 2023  
Revised: 20 September 2023  
Accepted: 27 September 2023

*Panemon Village is an area with soil conditions prone to landslides on the Lunto Rice Field road. This location is an alternative road that connects Sugihwaras District and Temayang District. During the rainy season the slopes are prone to landslides, thus disrupting traffic and causing danger to local residents. So it is necessary to construct a retaining wall structure to withstand lateral earth pressure caused by the fill soil due to topographical conditions as well as other additional loads. This study plans cantilever type retaining walls and sheet piles. aims to determine the value of safe safety, to withstand soil slides, to determine the value of stability against shear and overturning and the value of stability against collapse of soil carrying capacity, using the theory of Rankine and Tarzaghi. The results showed that the dimensions of the cantilever type with dimensions  $H = 4.5$  m,  $B = 2.25$  m had a safety factor value for external stability overturning force  $22.26 > 2.0$ , shear  $2.57 > 1.5$  with soil cohesion of  $0.85$ , the angle of friction of the soil is  $59.0^\circ$ , the unit weight of the soil is  $1.85$ , so the carrying capacity of the soil is  $2984.65$  greater than the soil stress under the wall  $q_{toe} = 2.36$  and  $q_{heels} = 47.70$ .*

**Keywords:** Retaining Wall, Soil Stability

(\*) Corresponding Author: [Zaeny.Ikhwan@Gmail.Com](mailto:Zaeny.Ikhwan@Gmail.Com)

**How to Cite:** Ikhwan, M. Z. (2023). Analisis Desain Tembok Penahan Tanah Desa Panemon - Sugihwaras - Bojonegoro. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8412293>.

### INTRODUCTION

Tembok penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil, Bangunan ini banyak digunakan pada proyek irigasi, jalan raya, pelabuhan, dan lain- lain. dinding penahan dapat dikatakan aman apabila telah diperhitungkan faktor bahaya pergeseran, bahaya penggulingan, penurunan daya dukung tanah, dan patahan. perhitungan stabilitas merupakan salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan maupun dikesampingkan, karena stabilitas tembok penahan sangat mempengaruhi usia desain keamanan bangunan serta kondisi tanah disekitar bangunan tersebut.

Dalam pelaksanaan di lapangan sering dijumpai masalah-masalah teknik yang harus dipertimbangkan sedalam-dalamnya, yakni untuk memprediksi dan menentukankemampuan daya dukung tanah beserta kemungkinan adanya resiko lainnya, misalnya dalam memperhitungkan kestabilan tembok penahan tanah. Kestabilan tembok penahan tanah diperoleh terutama dari berat sendiri struktur dan berat tanah yang berada di atas pelat pondasi. Besar dan distribusi tekanan tanah pada tembok penahan tanah, sangat bergantung pada gerakan ke arah lateral tanah relatif. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya- gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih

tinggi kedudukannya cenderungbergerak kearah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor.

Di desa Panemon Kecamatan Sugihwaras Kabupaten Bojonegoro terdapat daerah dengan kondisi tanah sangat rawan akan bahaya kelongsoran. Lokasi ini dilalui masyarakat sebagai akses kendaraan yang menggunakan akses jalan alternatif menghubungkan Kecamatan Sugihwaras dan Kecamatan Temayang. Pada saat musim hujan lereng rawan terjadi longsor, sehingga dapat mengganggu lalu lintas dan menyebabkan bahaya bagi warga sekitar yang melintas. Untuk lebih mengetahui karakteristik tanah di daerah tersebut, perlu melakukan perencanaan tembok penahan tanah dan mengetahui nilai stabilitas terhadap gaya geser, guling serta daya dukung tanah.

## METHODS

Penelitian ini menggunakan objek kajian perencanaan tembok penahan tanah yang dilakukan di Desa Panemon Kecamatan Sugihwaras Kabupaten Bojonegoro.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

Metode analisis data ini akan memberikan penjelasan mengenai hasil pengujian sample tanah di tebing sungai Desa Panemon Kecamatan Sugihwaras Kabupaten Bojonegoro. Dari hasil pengujian sample tanah yang diperoleh dilakukan beberapa pemeriksaan tanah di Laboratorium Universitas Bojonegoro antara lain pemeriksaan berat isi tanah dan pemeriksaan *Atterberg Limit* dimana pemeriksaan ini digunakan untuk mendapatkan nilai batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic limit*) dan indeks plastisitas (*Plasticity Indeks*) yang dapat berguna untuk klasifikasi tanah. Setelah itu, data tanah yang telah di uji tersebut digunakan untuk memperoleh data tanah yang diperlukan dalam penelitian ini. Selain pemeriksaan tanah tersebut dilakukan juga analisis saringan (Pengujian sedimentasi) untuk menggolongkan jenis tanah berdasarkan ukuran butirannya. dalam pengujian berat isi tanah yang dilakukan di laboratorium diperoleh menggunakan Uji Saringan No.200 dapat dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 1.** Hasil Uji Saringan Lolos No. 200

Deskripsi	Presentase lolos saringan(%)
	Sample

Saringan no.8 (2,36mm)	100.00
Saringan no.16 (1,18 mm)	99.09
Saringan no.30 (0,60 mm)	90.47
Saringan no.50 (0,30 mm)	80.07
Saringan no.100 (0,15mm)	68.01
Saringan no.200 (0,07 mm)	53.89

Penelitian ini dilakukan pengklasifikasian tanah berdasarkan sistem klasifikasi tanah AASTHO (*American Association Of State Highway and transportation Official*) Sistem klasifikasi didasarkan pada kriteria berikut ini :

**Ukuran Butir**

Pada analisa saringan yang dilakukan sample tanah yang lolos saringan No.200 ( Diameter saringan 0,07 mm ) yaitu sample tanah memiliki nilai 53,89% Dimana pada sistem klasifikasi ini tanah jenis ini dapat digolongkan kedalam jenis tanah A-4 sampai dengan A-7 dimana syarat dari golongan tanah tersebut yaitu lolos uji saringan No.200 lebih dari 35% dari keseluruhan sample.

**Nilai Atterbeg Limit**

Frakasi ayakan yang lolos No.50 ( Diameter saringan 0,30 ) dilakukan pemeriksaan Atterbag limit. Dari hasil pemeriksaan batas cair (LL) , Batas Plastis (PL) dan Indek Plastisitas (IP) sample memiliki nilai LL 81,7 PL 34,0 IP 47,7. Dalam sistem pengklasifikasian tanah menurut AASTHO Tanah yang memiliki nilai batas cair (LL) lebih dari 41 dan memiliki Batas Plastis (PL) lebih dari 30 serta memiliki Indeks Plastisitas (IP) lebih dari 11, sample tanah jenis ini termasuk golongan tanah A-7, yaitu tanah Lempung.

**Sifat Fisik Tanah**

Sifat teknis tanah meliputi kuat geser dan angka kohesi. Kohesi merupakan gaya tarikmenarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser tanah, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah. Dalam Penelitian ini untuk menentukan nilai kohesi maupun sudut geser tanah dilakukan pengujian Triaxial di Laboratorium Universitas Bojonegoro.

Tabel 3. Data Triaksial Test

Kedalaman (m)	Test	Keterangan hasil uji lab	
		Ø°	C kg/cm <sup>2</sup>
1,00 – 2,00	UU	49,0	0,85

**Tekanan Tanah Lateral**

Keadaan Diam (Ko)

Hardiyatmo, 2003 mengatakan pada posisi ini tekanan tanah pada Tembok akanberupa tekanan tanah saat diam (*earth pressure at rest*) dan tekanan tanah lateral pada Tembok, pada kedalaman tertentu (z), dinyatakan oleh persamaan :

$$\sigma_h = 0 z \gamma \dots\dots\dots(1)$$

atau

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\gamma z} = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$$

Keterangan :

- $\sigma_h$  = Tegangan horisontal efektif ( $\text{kN/m}^3$ )
- $\sigma_v$  = Tegangan vertikal efektif ( $\text{kN/m}^3$ )
- $K_o$  = Koefisien tekanan tanah saat diam
- $z$  = Kedalaman dari muka air (m)
- $\gamma$  = Berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )

**Keadaan Aktif ( $K_a$ )**

Menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \dots \dots \dots (3)$$

Dimana harga  $K_a$  untuk tanah datar adalah :

$$K_a = \text{koefisien tanah aktif} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

- $\gamma$  = Berat isi tanah ( $\text{g/cm}^3$ )
- $H$  = tinggi dinding (m)
- $\phi$  = Sudut geser tanah ( $^\circ$ )

**Keadaan Pasif ( $K_p$ )**

Menurut teori Rankie, untuk tanah pasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada dinding akibat tekanan tanah pasif setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma^2 K_p \dots \dots \dots (5)$$

Dimana harga  $K_p$  untuk tanah datar adalah :

$$K_p = \text{koefisien tanah pasif} = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

- $\gamma$  = Berat isi tanah ( $\text{g/cm}^3$ )
- $H$  = tinggi dinding (m)
- $\phi$  = Sudut geser tanah ( $^\circ$ )

**Stabilitas Tembok Penahan Tanah**

**Gaya Geser**

Gaya aktif tanah ( $P_a$ ) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga Tembok akan bergeser. Bila Tembok penahan tanah dalam keadaan stabil, maka gaya-gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang ( $\sum F = 0$  dan  $\sum M = 0$ ). Perlawanan terhadap gaya dorong ini terjadi pada bidang kontak antartanah dasar Tembok penahan tanah dengan tanah dasar pondasi. faktor keamanan terhadap stabilitas geser dapat dinyatakan dengan rumus :

$$SF = \frac{f \cdot \sum(V)}{\sum(W)} \dots \dots \dots (7)$$

Ketrangan :

- $\sum (H)$  = jumlah gaya-gaya yang menahan gaya-gaya horizontal
- $\sum (V)$  = Jumlah gaya vertikal
- $F$  = koefisien gesekan
- $SF$  = Faktor keamanan

**Gaya Guling**

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urugan di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada

ujung kaki depan pondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas plat pondasi. Pada gambar 2.9 di bawah ini, diperlihatkan diagram tekanan tanah pada dinding penahan tanah yang akan ditinjau, dalam hal ini adalah dinding penahan kantilever (asumsi tekanan tanah dihitung dengan rumus Rankine).

aktor keamanan terhadap guling di ditinjau dari kaki/titik O

$$F_{sguling} = \frac{\sum M_t}{\sum M_g} \geq 1.5 \quad \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

$\sum M_t$  = momen melawan terhadap guling (kNm)

$\sum M_g$  = momen yang mengakibatkan penggulingan (kNm)

Faktor aman terhadap guling, bergantung pada jenis tanah, yaitu:

- >1,5 untuk tanah dasar berbutir
- >2 tanah dasar kohesif

**Daya Dukung Tanah**

Analisa kapasitas dukung tanah didasarkan kondisi general sheer failure yang dikemukakan Terzaghi (1943) Kapasitas dukung tanah dihitung dengan menggunakan rumus Terzaghi sebagai berikut :

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot \gamma \cdot f \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

$q_{ult}$  = daya dukung maksimum

$c$  = kohesi tanah

$\gamma$  = berat isi tanah

$B$  = lebar pondasi (= diameter untuk pondasi lingkaran )

$L$  = panjang pondasi

$D_f$  = kedalaman pondasi

$N_c; N_q; N_\gamma$  = faktor daya dukung

**RESULTS & DISCUSSION**

**Results**

Perhitungan kestabilan lereng dan kestabilan dinding dibutuhkan data-data baik data tanah. Kondisi geologi tanah pada sekitar lokasi perencanaan dikategorikan sebagai tanah lempung. Tolak ukur tanah yang diperlukan untuk merencanakan tembok penahan tanah Kohesi (c) dan sudut gesek ( $\phi$ ). Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah didapatkan data :

Kohesi tanah ( c ) : 0,85 t/m<sup>2</sup>

Sudut Geser tanah (  $\phi$  ) : 49°

Berat isi tanah (  $\gamma$  ) : 1,85 t/m<sup>3</sup>  
: 18,14 kN/m<sup>3</sup>

Berat isi tanah Jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) : 1,98 t/m<sup>3</sup>

**Dimensi Perencanaan TPT**

Untuk mendapatkan dimensi Tembok kantilever sesuai dengan ukuran di lapangan dilakukan pengukuran dengan menggunakan meteran pada Tebing Sungai. Dari hasil pengukuran diperoleh dimensi Tembok kantilever seperti gambar

dibawah. Dengan mengacu pada tata cara perhitungan dimensi Tembok penahan tanah kantilever menurut SNI Persyaratan Perancangan Geotek (2017) diperoleh Data Sebagai Berikut :

- H (Tinggi TPT) : 4,50 m
- B (Lebar Plat bawah TPT) : 2,25 m (H x 0,5)
- T (Tebal Plat atas TPT) : 0,35 m
- h2 : 1,10 m
- Q : 10 kN/m<sup>2</sup>
- : 1 ton/m<sup>2</sup>

Untuk Perencanaan Tembok Penahan Tanah digunakan Berat isi Beton :

- Berat beton ( $\gamma_b$ ) : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- : 2,4 t/m<sup>3</sup>

Perhitungan Momen Terhadap Gaya Vertikal

**Tabel 5.**  
penahan  
titik guling

No.	Berat (W)	Jarak (X)	Momen (W x X)
1	7,96	1,725	13,73
2	3,44	1,025	3,526
3	2,16	1,125	2,43
4	0,492	0,82	0,40
5	0,97	0,375	0,31
6	1,05	1,73	1,82
	$\sum P_v = 16,07$		$\sum M_v = 22,21$

Momen terhadap

Perhitungan Momen Terhadap Gaya Horizontal

**Tabel 6.** Momen tekanan tanah aktif

No	Tekanan Tanah Aktif (kN)	Jarak (m)	Momen (M)
1	0,36	$^1 H = \frac{1}{2} \times 4,5 = 2,25$	0,81
2	-1,65	$^1 H = \frac{1}{2} \times 4,5 = 2,25$	-3,71
3	0,88	$^1 H = \frac{1}{3} \times 4,5 = 1,5$	1,32
4	0,27	$^1 H_2 = \frac{1}{2} \times 1,9 = 0,95$	0,26
5	-1,21	$^1 H_2 = \frac{1}{2} \times 1,9 = 0,95$	-1,15
6	1,28	$^1 H_2 = \frac{1}{2} \times 1,9 =$	1,22

		0,95 2      2	
7	0,5	${}^1 H2 = {}^1 x 1,9 =$ 0,63 3      3	0,32
8	1,91	${}^1 H2 = {}^1 x 1,9 =$ 0,63 3      3	1,20
	$\Sigma Pa = 2,34$		$\Sigma Ma = 0,27$

### Perhitungan Stabilitas Tanah

Untuk mengecek kekuatan dinding penahan tanah terhadap geser, maka perlu diketahui jumlah dari gaya vertical ( $\Sigma V$ ) maupun jumlah gaya horizontal ( $\Sigma H$ ) dan koefisien gaya gesek yang terjadi antara dasar pondasi dengan tanah dasar.

Stabilitas Terhadap Geser

$$\text{Gaya Geser (Vo)} = \Sigma Pa$$

$$= 2,34$$

$$\text{Gaya Penahan (Vb)} = f (\text{Koefisien gesekan}) \Sigma Pv + \Sigma Pp$$

$$= 0,30 \times 16,07 + 10,19$$

$$= 6,01$$

$$\text{Fgl} = \frac{Vb}{Vo} > 1,5$$

$$= \frac{6,01}{2,34} > 1,5$$

$$= 2,57 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

Stabilitas terhadap Guling

$$\text{Fgl} = \frac{\Sigma Mv}{\Sigma Ma} > 2,0$$

$$= \frac{22,21}{0,27} > 2,0$$

$$= 22,26 > 2,0 \text{ (Aman)}$$

### Daya Dukung Tanah

Dalam perhitungan Stabilitas daya dukung tanah pada dilakukan dengan cara terzhagi untuk menentukan nilai  $Nc$ ,  $Nq$  dan  $Ny$  di sudut geser  $49^\circ$  dilakukan dengan cara interpolasi linier antara nilai koefisien dari sudut  $48^\circ$  dengan sudut  $50^\circ$ , sebagai berikut :

$$F(x) = f(x_0) + f \frac{(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$N(y) = N(y_0) + N \frac{(y) - N(y_0)}{\phi_1 - \phi_0} (\phi - \phi_0)$$

$$= 780,1 + N \frac{1153,2 - 780,1}{50 - 48} (49 - 48)$$

$$= 966,65$$

$$N(q) = N(q_0) + N \frac{(q) - N(q_0)}{\phi_1 - \phi_0} (\phi - \phi_0)$$

$$= 287,9 + \frac{415,1 - 287,9}{50 - 48} (49 - 48)$$

$$= 351,5$$

$$\begin{aligned} N(c) &= N(c_0) + N \frac{(c) - N(c_0)}{\phi_1 - \phi_0} (\phi - \phi_0) \\ &= 287,9 + \frac{347,6 - 258,3}{50 - 48} (49 - 48) \\ &= 302,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N'(c) &= N(c_0) + N \frac{(c) - N(c_0)}{\phi_1 - \phi_0} (\phi - \phi_0) \\ &= 66,8 + \frac{347,6 - 258,3}{50 - 48} (49 - 48) \\ &= 302,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N'(q) &= N(q_0) + N \frac{(q) - N(q_0)}{\phi_1 - \phi_0} (\phi - \phi_0) \\ &= 505,5 + \frac{415,1 - 287,9}{50 - 48} (49 - 48) \\ &= 58,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N(y) &= N(y_0) + N \frac{(y) - N(y_0)}{\phi_1 - \phi_0} (\phi - \phi_0) \\ &= 505,5 + N \frac{87,1 - 60,4}{50 - 48} (49 - 48) \\ &= 73,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{qult} &= (c \cdot Nc) + (Df \cdot \gamma \cdot Nq) + (\frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N\gamma) \\ &= (0,85 \cdot 302,95) + (1,1 \cdot 1,85 \cdot 351,5) + (\frac{1}{2} 1,85 \cdot 2,25 \cdot 966,65) \\ &= 257,51 + 751,30 + 2011,84 \\ &= 2984,65 \end{aligned}$$

Tegangan tanah dibawah tembok

$$\begin{aligned} X_e &= \frac{\sum Mv - \sum Ma}{\sum Pv} \\ &= \frac{22,21 - 0,27}{16,07} \\ &= 1,37 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas (e)

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - X_e \\ &= \frac{2,25 - 1,37}{2} \\ &= 0,25 \text{ m} < 0,38 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar Efektif (B)

$$\begin{aligned} B &= B - 2e \\ &= 2,25 - (2 \cdot (0,25)) \\ &= 2,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \frac{\sum Pv}{B} + \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right) \\ q_{to} &= \frac{16,07}{2,75} + \left(1 + \frac{6 \cdot (-0,25)}{2,25}\right) \\ &= 7,14 \cdot 0,33 \end{aligned}$$

$$= 2,36 \text{ ton/m}^2 < \text{qult } 2984,65 \text{ (Aman)}$$

$$\begin{aligned} \text{Qheel} &= \frac{16,07}{2,75} + \left(1 + \frac{6 \cdot (-0,25)}{2,25}\right) \\ &= 7,14 \cdot 6,68 \\ &= 47,70 \text{ ton/m}^2 < 0 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

**CONCLUSION**

Dari hasil pengukuran diperoleh dimensi Dinding kantilever dengan mengacu pada tata cara perhitungan dimensi menurut SNI Persyaratan Perancangan Geotek (2017)

$$\begin{aligned} H \text{ (Tinggi TPT)} &= 4,50 \text{ m} \\ B \text{ (Lebar Plat Bawah TPT)} &= 2,25 \text{ m (H x 0,5)} \\ T \text{ (Tebal Plat Atas TPT)} &= 0,35 \text{ m} \\ h_2 &= 1,10 \text{ m} \end{aligned}$$

Dinding penahan Tanah setinggi 4,5 m stabil terhadap gaya Geser  $2,57 > 1,5$  (aman) dan Gaya Guling  $22,26 > 2,0$  (aman) yang terjadi ngan kohesi tanah sebesar 0,85, sudut gesek tanah  $59,0^\circ$ , berat volume tanah 1,85 maka kapasitas daya dukung tanah yang dihitung dengan metode Terzaghi adalah 2984,65 lebih besar daripada tegangan tanah dibawah Tembok q toe =2,36 dan q heels =47,70 ( Aman ).

### CONFLICT OF INTEREST

Berdasarkan pembahasan tersebut maka dalam penelitian ini memiliki saran yaitu mengenai perencanaan dinding penahan longsor pada tebing padasamping jembatan panemon diharapkan menggunakan data – data yang lebih terbaru agar penanggulangan potensi gerusan tebing sungai yang menjadi penelitian dapat sesuai dengan kenyataanya di masa sekarang.

### REFERENCES

- Bowles, Joseph E. Johan K. Helnim. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah)*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C, 2011. “*Analisis dan Perancangan Pondasi I*”, Gajah Mada, University Press, Yogyakarta. (Tekanan Tanah lateral:hal 443).
- Murdiyanto, Slamet, 2012, “*Analisis Stabilitas Lereng Metode Fellinius dengan Variasi Bidang Longsor berdasarkan Teori Probabilitas*”, Tugas akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Thurton, Indra.P, 2009, “*Analisis Dinding Penahan Tanah yang Menggunakan Earth Berm sebagai Support dengan Plaxis*”. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Indonesia Infrastruktur, P. D. A. N.(2015). *Konsep Dasar Analisis Dampak Lalu Lintas Rencana Bangunan Pusat Kegiatan* ., 135–144.