

STUDI PENGENDALIAN BANJIR DENGAN MENGGUNAKAN *CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE* SEBAGAI TANGGUL PADA SUNGAI PETUNG PASURUAN

Mukhammad Saiful Alam¹, Medi Efendi², Ratih Indri Hapsari³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

¹mukhammad.saiful.alam@gmail.com, ²medipolinema@gmail.com, ³ratih@polinema.ac.id

ABSTRAK

Sungai Petung yang berada di kecamatan Pasrepan, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, memiliki panjang 14,34 km dengan luas DAS 158,30 km². Kajian ini bertujuan untuk mengetahui angka kedalaman pemancangan *sheet pile*, angka keamanan stabilitas geser, guling, keruntuhan terhadap daya dukung, dan penurunan. Hasil kajian menunjukkan curah hujan rancangan yang terjadi pada sungai petung adalah sebesar 93.573 mm. Debit puncak kala ulang 25 tahun menggunakan *software HEC-HMS* sebesar 430,4 m³/dtk. Untuk hasil tinggi muka air dengan menggunakan *software HEC-RAS* pada kala ulang 25 tahun air yang meluap pada titik P 96 – P 74 dan P 4 – P 2. Bangunan pengendali berupa *sheet pile* beton sepanjang 2,5 Km dengan dimensi 1000mmx325mm.

Kata kunci : Sungai Petung, HEC-HMS, HEC-RAS, corrugated concrete sheet pile.

ABSTRACT

Petung River located in Pasrepan sub-district, Pasuruan Regency, East Java has a length of 14.34 km with a watershed area of 158.30 km². This study aims to determine the depth of sheet pile erection, safety figures for shear stability, rolling, collapse of carrying capacity, and settlement. The results of the study show that the design rainfall that occurred in petung river was 93,573 mm. The peak discharge when the 25-year return uses HEC-HMS software is 430.4 m³ / s. For the results of the water level using the HEC-RAS software at the 25-year return of water overflowing at points P 96 - P 74 and P 4 - P 2. The control building is a 2.5 km concrete sheet pile with dimensions of 1000mmx325mm.

Keywords : *Petung River, HEC-HMS, HEC-RAS, corrugated concrete sheet pile*

1. PENDAHULUAN

Kota Pasuruan mempunyai kemiringan 0-3% dimana sebagian adalah berupa cekungan (Pasuruan dalam Angka, 2019). Data dari Dinas Pekerjaan Umum bagian Drainase menunjukkan terdapat empat titik genangan dan salah satunya di kawasan timur Kota Pasuruan. Di kawasan Timur Kota Pasuruan terdapat Sungai Petung yang berpengaruh terhadap terjadinya genangan di daerah tersebut. Luas genangannya sebesar 4.32 Ha. Terdapat tiga kemungkinan penyebab terjadinya genangan. Pertama, kapasitas Sungai Petung yang tidak mampu menerima debit banjir saat ini. Kedua, akibat elevasi pembuang yang lebih rendah mengakibatkan backwater pada Sungai Petung akibat pasang surut air laut. (Aninda, 2017). Wilayah DAS Petung memiliki potensi besar bagi penyediaan air irigasi dan air baku, namun demikian juga memiliki potensi daya rusak air

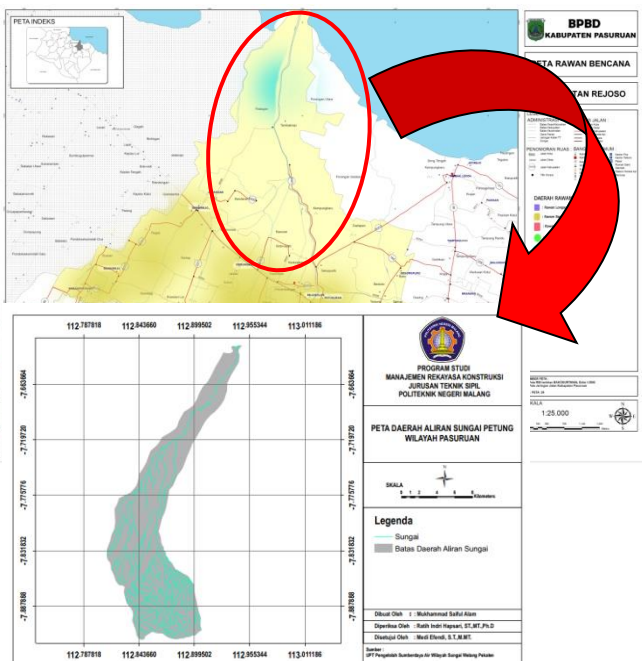
yang perlu diwaspadai karena menimbulkan kerugian bagi masyarakat sekitarnya. DAS Petung bagian hilir merupakan wilayah langganan banjir terutama di Kelurahan Kepel, Kecamatan Bugul Kidul, Kota Pasuruan. Daerah Sungai Petung bagian hilir merupakan daerah pemukiman padat sehingga apabila terjadi luapan sungai maka akan menggenangi rumah, jalan, sekolah dan fasilitas umum lainnya. Menurut Kepala BPBD Kota Pasuruan, banjir tersebut disebabkan limpasan dari Sungai Petung yang tidak mampu menampung debit air setelah terjadi hujan intensitas tinggi pada bagian hulu Sungai Petung. Sedangkan menurut UPT PSAWS Welang-Pekalen, banjir disebabkan hujan intensitas tinggi pada hulu yang disertai air laut pasang pada muara. Selain itu banjir pada Sungai Petung Hilir disebabkan karena adanya sedimentasi, sehingga terjadi penyempitan pada badan sungai.

Maka untuk menanggulangi masalah tersebut, dilakukan perencanaan pembangunan tanggul berupa *corrugated concrete sheet pile* dengan spesifikasi AW (325x1000)mm sepanjang 2,5 km pada sisi kanan-kiri sungai, agar dapat mengatasi genangan air yang terjadi akibat kapasitas sungai yang tidak dapat menampung debit banjir yang berada di kawasan tersebut.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan tersebut diatas maka tujuan pembahasan ini meliputi:

1. Untuk mengetahui angka kedalaman pemancangan *sheet pile*.
2. Untuk mengetahui angka keamanan stabilitas geser, guling, keruntuhan terhadap daya dukung, dan penurunan.

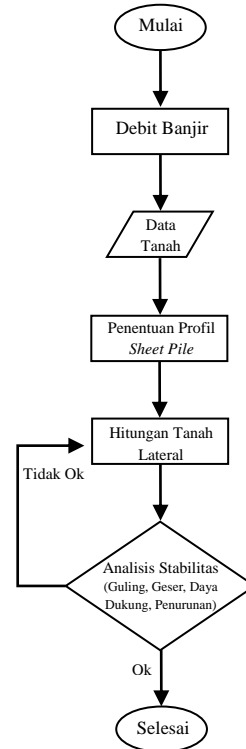
Lokasi Studi Perencanaan



Gambar 1. Lokasi Studi Perencanaan

2. METODE

Diagram alir perencanaan *Sheet Pile* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan *Sheet Pile*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Daerah

Sungai Petung mempunyai luas DAS sebesar 158,30 km² untuk menentukan hujan daerah menggunakan polygon thiessen, Dalam kajian ini menggunakan data hujan selama 10 tahun dari tahun 2009 sampai tahun 2018. Curah hujan daerah DAS Sungai Petung ditampilkan pada **Tabel 1**

Tabel 1. Curah Hujan Daerah DAS Sungai Petung

No	Tahun	Rn (mm)
1	2009	37.980
2	2010	67.480
3	2011	46.521
4	2012	49.205
5	2013	62.425
6	2014	71.431
7	2015	95.967
8	2016	64.105
9	2017	55.402
10	2018	62.360

Sumber: Perhitungan

Debit Banjir Rancangan DAS Petung

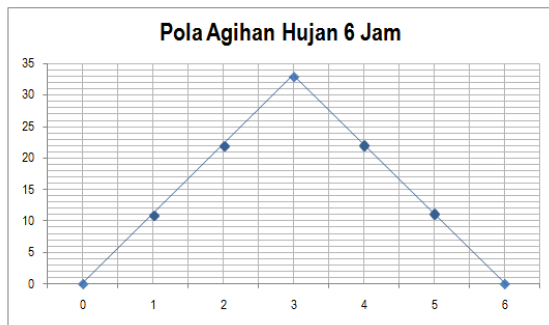
Menghitung debit banjir rancangan pada Sub DAS Genangan Sungai Petung dengan berbagai kala ulang. Debit banjir rancangan Sub DAS Genangan Sungai Petung ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Debit Banjir Rancangan Sungai Petung

No	Kala Ulang	Debit Banjir
1	2	59.387
2	5	73.794
3	10	82.754
4	25	93.573
5	50	101.253

Sumber: Perhitungan

Menghitung hidrograf pada DAS Sungai Petung dengan berbagai kala ulang. Debit banjir rancangan DAS Genangan Sungai Petung ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola Agihan Hujan 6 Jam

Tabel 3 Perhitungan hujan jam-jaman

Kala Ulang	Jam Ke						
	0	1	2	3	4	5	6
2	0	6.548	13.248	19.796	13.248	6.548	0
5	0	8.349	16.249	24.598	16.249	8.349	0
10	0	9.250	18.335	27.585	18.335	9.250	0
25	0	10.295	20.098	32.786	20.098	10.295	0
50	0	11.201	22.550	33.751	22.550	11.201	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Debit Banjir Rancangan pada DAS Petung dengan Aplikasi HEC-HMS

Tata guna lahan pada DAS Petung adalah campuran, berdasarkan peta tata guna lahan didapat nilai C untuk SubBasin 1 adalah 69.863, SubBasin 2 adalah 72.790. Maka besarnya debit banjir 25 tahunan pada masing-masing DAS di Sungai Petung ditampilkan pada **Tabel 4.**

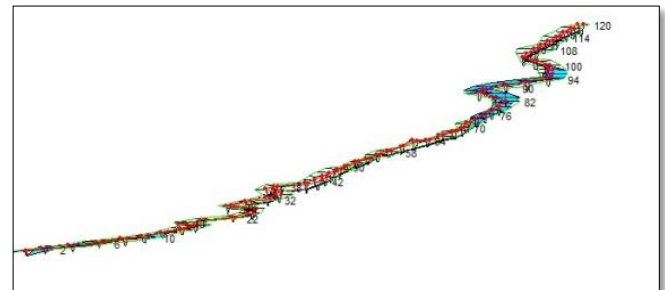
Tabel 4. Debit Banjir Sungai Petung

Kala Ulang	Debit Puncak				
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun
Basin 1	366.216	455.062	510.311	577.032	624.393
Basin 2	248.985	309.389	346.952	392.315	424.515

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisis Profil Muka Air

Berdasarkan hasil analisis Hec-Ras 5.0.3, debit banjir dengan kala ulang 25 tahunan membuat Sungai Petung mengalami luberan. Luberan terjadi pada beberapa titik penampang sungai. Profil muka air Sungai Petung untuk lebih jelasnya dilihat pada **Gambar 4.**



Gambar 4. Profil muka air Sungai Petung

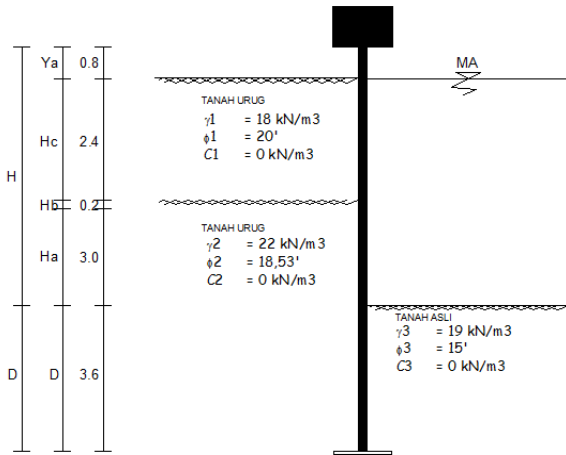
Untuk rekapan luapan sungai petung terjadi pada beberapa titik maka dari itu bisa dilihat pada **Tabel 5**

Tabel 5 Rekapan Luapan Sungai Petung

Kala Ulang	Sta. yang meluap
25 Tahun	P96, P94, P92, P90, P88, P86,
	P84, P82, P80, P78, P76, P74, P4, P2

Data Perencanaan

Hasil dari uji sondir didapatkan beberapa jenis tanah, yaitu pasir urug, tanah asli, dan tanah lempung Berikut ini merupakan perencanaan bangunan dapat dilihat pada **Gambar 5.**



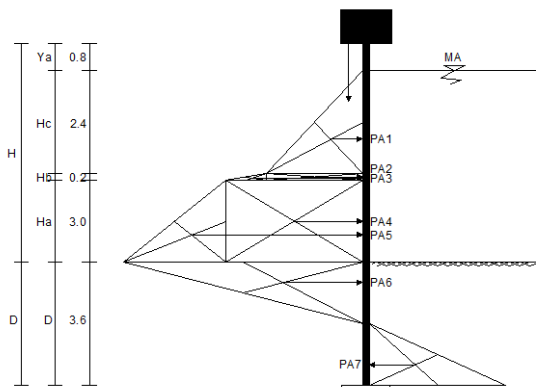
Gambar 5. Perencanaan Bangunan

Data Tanah :

Tanah 1	Tanah 2	Tanah 3
$\gamma_1 = 8 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_2 = 22 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_3 = 19 \text{ kN/m}^3$
$\phi_1 = 20^\circ$	$\phi_2 = 18,53^\circ$	$\phi_3 = 15^\circ$
$C_1 = 0 \text{ kN/m}^2$	$C_2 = 0 \text{ kN/m}^2$	$C_3 = 0 \text{ kN/m}^2$

Perhitungan Konstruksi Sheet Pile Dalam Kondisi Tidak Ada Air

Dibawah ini merupakan sketsa diagram tekanan tanah pada Gambar 6.



Gambar 6. Sketsa Diagram Tekanan Tanah

Diketahui :

- H = 5,10 m
- Ha = 3,00 m
- Hb = 0,20 m
- Hc = 2,40 m
- ya = 0,80 m

Menghitung Tegangan Tanah

1. Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif

Tabel 6. Koefisien Tanah

Jenis Tanah	Ka	Kp
Tanah 1	0.490	-
Tanah 2	0.518	-
Tanah 3	0.589	1.698

Sumber: Perhitungan

2. Menentukan tekanan tanah aktif

- $\sigma^1 = 4,707 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma^2 = 11,182 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma^3 = 1,242 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma^4 = 12,718 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma^5 = 15,897 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma^6 = 28,615 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma^7 = 64,000 \text{ kN/m}^2$

Sehingga dapat diperoleh kedalaman a (jarak dimana tegangannya = 0): $a = 6,409 \text{ m}$

3. Menghitung gaya tekanan tanah aktif

- $Pa1 = 11,296 \text{ kN/m}$
- $Pa2 = 4,473 \text{ kN/m}$
- $Pa3 = 0,124 \text{ kN/m}$
- $Pa4 = 38,154 \text{ kN/m}$
- $Pa5 = 23,846 \text{ kN/m}$
- $Pa6 = 40,008 \text{ kN/m}$
- $Pa7 = 204,800 \text{ kN/m}$

- Resultan gaya tekanan tanah aktifnya adalah:

$$Ra = \sum P = 11,296 + 4,473 + 0,124 + 38,154 + 23,846 + 40,008 + 204,800 = 362,032 \text{ kN/m}$$

Tabel 7. Momen Aktif

Bangun	Pa (kN)	Pp (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	2.11806		10.41	22.046
2	0.373		9.51	3.544
3	3.261		9.48	30.903
4	38.154		7.91	301.745
5	23.846		7.41	176.668
6	89.480		4.27	382.300
7	204.800		10.41	2131.698

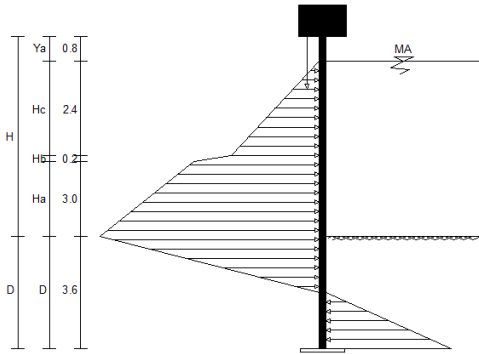
$\Sigma M_{aktif} \quad \mathbf{3048.904}$

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Jarak resultan gaya terhadap titik 0 adalah:

$$Ra \cdot y = 3048,904 \text{ kNm} \rightarrow y = \frac{3048,904}{362,032} = 8,422 \text{ m}$$

Menghitung Kedalaman Pemancangan



Gambar 7. Sketsa Resultan Gaya

Tabel 8. Perhitungan Metode Newton

x_n	$f(x)$	$f'(x)$	$\frac{f(x)}{f'(x)}$	$\frac{f(x)}{f'(x)}$
1.00	1079.242	435.433	-2.479	3.479
3.48	1557.114	1792.895	0.868	2.610
2.61	254.678	1272.113	0.200	2.410
2.41	15.627	1158.969	0.013	2.396
2.40	0.317	1115.441	0.000	2.396
2.40	0.317	1115.441	0.000	2.396
2.40	0.005	1151.288	0.000	2.396

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Jadi, berdasarkan metode perhitungan diatas diperoleh nilai $x'=2,396$ m

Sehingga, $D'= a + x'$
 $D' = 6,41 + 2,396 = 8,80 \text{ m} = 11,00 \text{ m}$

Panjang *sheet pile* seluruhnya:

$h' = H + D'$
 $h' = 6,40 \text{ m} + 11,00 \text{ m}$
 $h' = 17,40 \text{ m}$

Direncanakan panjang *sheet pile*:

$h_{total} = 18,00 \text{ m}$
 Sehingga nilai D yang sebenarnya:
 $D = h_{total} - H$
 $D = 18,00 - 6,40 = 11,60 \text{ m}$

Penambahan penanaman $= \frac{D - D'}{D'} \times 100\%$
 $= \frac{11,60 - 8,80}{8,80} \times 100\%$
 $= 31,75 \%$ (Disarankan 20% – 50%)

Sehingga nilai x yang sebenarnya:

$x = D - a = 11,60 - 6,41 = 5,19 \text{ m}$
 Besarnya tekanan tanah pasif (Pp)
 $= 0,5 \cdot [(\gamma_{3sat})(Kp)]x^2 + 2c_3 \cdot \sqrt{Kp} \cdot x$
 $Pp = 440,917 \text{ Kn}$

Tabel 9. Perhitungan Momen Pasif

	W (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
W1	1.80	0.075	0.14
W2	1.95	0.313	0.61
W3	1.80	0.550	0.99
W4	39.70	0.313	12.41
	$\sum w$		14.141

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Besarnya Momen Pasif (Mp) =

$$Mp = \left(0,5 \cdot [(\gamma_{3sat})(Kp)]x^2 + 2c_3 \cdot \sqrt{Kp} \cdot x \right) \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot x + a + H - ya \right) + W$$

$$Mp = 6820,8 \text{ kNm}$$

Perhitungan Kestabilan Dinding

Perhitungan kestabilan dinding bangunan pengendali banjir. Berikut perhitungan kestabilan dinding untuk diterapkan pada konstruksi *sheet pile*:

1. Stabilitas terhadap Bahaya Guling

$$SF_{gl} = \frac{\sum Mp}{\sum Ma} = \frac{6820,8}{3048,904} = 2,2$$

> 2, Maka aman terhadap bahaya guling

2. Stabilitas terhadap Bahaya Geser

Asumsi: $q = 10 \text{ kN/m}^2$

$$SF_{gs} = \frac{Rb}{Pa} = \frac{(\gamma_1 H L + qL) \cdot \tan \delta b}{\frac{Ka \gamma H^2}{2} + Ka q H} \geq 1,5$$

$$SF_{gs} = 1,85 \geq 1,5$$

Maka, bangunan aman terhadap bahaya geser

3. Keruntuhan Daya Dukung Tanah

- Data-data:
- L = 5,10 m
 - D = 1,00 m
 - Ap = 1372.27 cm²
 - As = 63246,6 cm²

Dari hasil pengujian sondir diperoleh sebagai berikut:

$$q_{c1} = 45,75 \frac{kg}{cm^2} = 0,0458 \text{ MPa}$$

$$q_{c2} = 41,27 \frac{kg}{cm^2} = 0,0413 \text{ MPa}$$

- $\omega = 0,67$ (tabel 2.6)
- Rf = 4,44 (data sondir)
- Fsc = 4,00

Cara Schmertman dan Nottingham

$$Qa = \frac{Qp + Qs}{FS}$$

$$Qp = \frac{\omega(q_{c1} + q_{c2})}{2} \cdot Ap$$

$$qp = 29,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$Qp = 29,15 \cdot 1372,27 = 40003,52 \text{ Kg}$$

$$Qs = \alpha s \left[\sum_{z=0}^{8D} \frac{z}{8D} f_{sc} \cdot As + \sum_{z=8D}^L f_{sc} \cdot As \right]$$

Kedalaman (z) = 0 - 8D

$$qs = \alpha s \left[\sum_{z=0}^{8D} \frac{z}{8D} f_{sc} \cdot As \right]$$

Kedalaman (z) = 8D - L

$$qs = \alpha s \left[\sum_{z=8D}^L f_{sc} \cdot As \right]$$

Berdasarkan Tabel di atas, maka :

$$Qa = \frac{40003,52 + 120849,39}{3}$$

$$= 53617,63 \text{ Kg}$$

$$\text{Maka } \frac{Qa}{Q'} = \frac{525,45}{41,358} = 12,71 > 3 \text{ (aman)}$$

Penurunan (Settlement)

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

$$s1 = \frac{(Qp + \varepsilon Qs) \cdot L}{Ap \cdot Ep} = 0,006 \text{ m}$$

$$s2 = \frac{qp \cdot D}{Es} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot Ip = 0,074 \text{ m}$$

$$s3 = \left(\frac{Qp \cdot D}{p \cdot L} \right) \cdot \frac{D}{Es} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot Is$$

$$Is = 2 + 0,35 \cdot \sqrt{\frac{18}{1,00}} = 3,484$$

$$s3 = 0,269 \text{ m}$$

$$s_{total} = 0,006 + 0,074 + 0,269 = 0,349 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan diatas, **Tabel 10** merupakan hasil rekapitulasi dari data diatas.

Tabel 10. Hasil Rekapitulasi

Kondisi Sungai	Pemancangan	Tinggi Sheetpile	Tinggi Jagaan	Bahaaya Geser	Bahaya Guling	Penu runan
Tidak Ada Air	6.0	6.4	0.8	Aman	Aman	0.349
Ada Air	11.0	6.4	0.8	Aman	Aman	0.285

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisa dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Dengan spesifikasi *sheet pile* AW 325x1000 kelas A, diperoleh dari hasil perhitungan:

- Kedalaman pemancangan (Df) = 11 meter
- Tinggi *sheet pile* diatas muka tanah (H) = 6.4 meter
- Tinggi jagaan (w) = 0.8 meter

Desain tanggul yang diterapkan aman terhadap bahaya geser, guling, dan keruntuhan daya dukung dengan diperoleh penurunan sebesar 0,349 m.

SARAN

1. Upaya pengendalian tidak hanya dilakukan dengan bangunan struktur, tetapi juga menggunakan metode lain ataupun pengaturan tata guna lahan.
2. Data hasil pengujian tanah sebaiknya menggunakan beberapa titik, sehingga perhitungan bangunan pengendali lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ayuningtias, N. W. P., & Yassin, H. (2012). Analisa Kedalaman Maksimum Dinding Penahan Tanah Tanpa Adanya Perkuatan (Support).
- [2] Girsang, F. (2008). Analisis Curah Hujan untuk Pendugaan Debit Puncak dengan Metode Rasional Pada DAS Belawan Kabupaten Deli Serdang. *Analisis Curah Hujan Untuk Pendugaan Debit Puncak Dengan Metode Rasional Pada Das Belawan Kabupaten Deli Serdang*.
- [3] Harmani, E., & Soemantoro, M. (2017). Kolam Retensi Sebagai Alternatif Pengendali Banjir. *Jurnal Teknik Sipil Unitomo*, 1(1).
- [4] Nofrizal & Lubis, M. (2018). Analisa Pengendalian Banjir Akibat Peluapan Debit Aliran Dengan Perkuatan Tebing Model Sheet Pile. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*.
- [5] Yunaefi, dan Aponno, Gerard. (2013). Modul Ajar Rekayasa Pondasi 2. Politeknik Negeri Malang.