

Model Infrastruktur Penahan Aliran Longsor Bahan Rombakan (*Debris Flow*) Pada Batuan Vulkanik di Lereng Gunung Abang, Kintamani

Infrastructure Model of Debris Flow in Volcanic Rocks on the Slopes of Mount Abang, Kintamani

I Wayan Alit Setiawan^{1,a)}, I Nengah Sinarta^{1,2,b)} & I Gusti Agung Putu Eryani^{1,2,c)}

¹⁾Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Universitas Warmadewa, Bali

²⁾Departemen Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Bali

³⁾Departemen Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Bali

Koresponden : ^{a)}alit.setiawan33@gmail.com, ^{b)}inengahsinarta@gmail.com & ^{c)}eryaniagung@gmail.com

ABSTRAK

Lereng gunung abang adalah salah satu lereng yang berada di kawasan *Geopark* Kintamani, di bawah lereng gunung abang terdapat beberapa desa antara lain Dusun Songan, Dusun Abang Batu Dinding, dan Dusun Terunyan yang setahun dimusim hujan selalu mengalami longsor. Penelitian dilakukan untuk memodelkan infrastruktur penahan longsor untuk menahan aliran longsor ke arah Dusun Terunyan. Pemodelan aliran longsor bahan rombakan (*Debris Flow*) dengan menggunakan model *Hec-Ras 2D* untuk memperoleh sebaran aliran longsor dan model infrastruktur bangunan penahan longsor. Analisis menunjukkan luas penampang longsor yaitu 284,6 m², longsor pada kala waktu 24 jam dengan curah hujan sebesar 2.206 m³/s diperoleh volume debris selama 1 jam pada jam ke dua sebesar 51711,923 m³. Sebaran aliran longsor seluas 3,1 ha, untuk mengurangi jarak jangkauan dan tekanan longsor dirancang pemodelan infrastruktur penahan longsor yaitu check dam sebagai upaya menahan aliran longsor yang terjadi.

Kata Kunci : Longsor, *Debris Flow*, *Hec-Ras 2D*, Check Dam

PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia, dengan demikian tanah longsor di sebabkan oleh hujan, gerakan tanah dan perubahan vegetasi. Menurut UU Nomor 24 Tahun 2007, bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana terjadi karena adanya ancaman dan kerentanan tanpa ada kapasitas masyarakat untuk menanggulanginya. Intensitas curah hujan sebesar rata-rata 125 mm/hari dengan lama hujan optimal 5 jam terhadap infiltrasi pada hujan jam ke 2 terjadi penurunan angka keamanan kritis antara 0,963 sampai 0,623, paling drastis terjadi pada hujan ke 4 menuju hujan jam ke 5 (Sinarta et al., 2017).

Dusun Terunyan adalah salah satu desa yang berada di lereng gunung abang, pada tanggal 21 Oktober 2021 terjadi bencana tanah longsor yaitu longsor bahan rombakan (*debris flow*) dan pada kejadian tersebut rumah warga, fasilitas umum, kawasan pertanian dan infrastuktur jalan mengalami kerusakan dan adapun korban jiwa yang terjadi pada

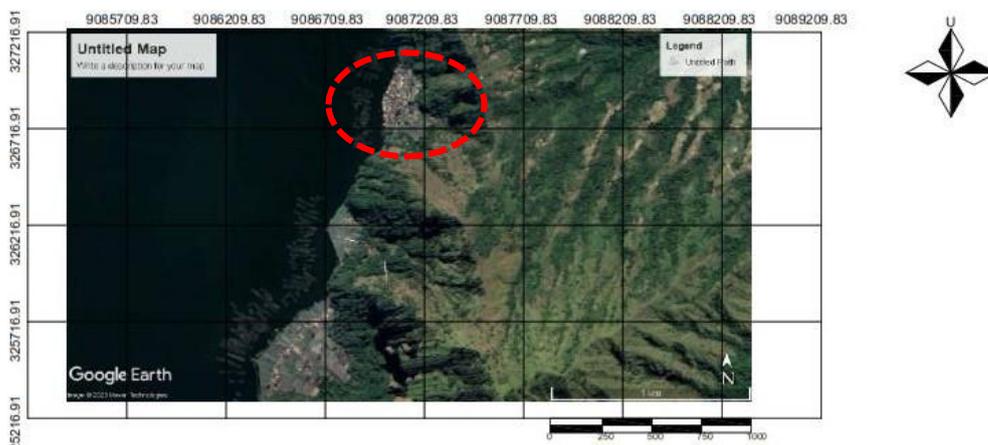
kejadian tersebut. Perlunya analisis dan merekomendasi infrastruktur penahan aliran longsor pada longsor desa trunyan adalah salah satu langkah awal untuk menaggulangi kejadian bencana ini terlungan kembali.

Pemodelan dengan software DFLOWZ didukung dengan data spasial dengan parameter input yaitu; Data Digital Elevation Model (DEM) dan data garis (Polyline), hasil pemodelan tersebut merupakan pendekatan awal dalam memprediksi luas genangan longsor, anatomi aliran yang diamati adalah aliran puing di lembah dan sungai pada ketinggian ± 1500 mdpl melengkung pada lembah-lembah perbukitan (Sinarta & Wahyuni, 2022)

Model hidrolika yang dihubungkan dengan sistem informasi geografis (GIS) digunakan untuk memodelkan genangan banjir. Model Hydrologic Engineering Center River Analysis System (HEC-RAS) merupakan salah satu model hidrolik yang terhubung dengan GIS. Model hidrolika yang disebut HEC-RAS mampu mensimulasikan aliran satu dimensi. Model HEC-RAS sering digunakan untuk memperkirakan sebaran tanah longsor karena merupakan model hidrolika yang efektif dan dapat menghitung dengan cepat. Oleh karena itu, untuk mensimulasikan bangunan tahan longsor dan menentukan posisi, kedalaman, dan luas genangan longsor, HEC-RAS digunakan dalam penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Dilakukannya penelitian ini di kabupaten Bangli lebih tepatnya di lereng gunung abang Desa Trunyan, dengan mengambil kondisi existing lereng gunung abang tepatnya di Desa Trunyan. Batuan vulkanik berdasar nilai resistivitas didominasi nilai resistivitas berkisar 516 - 252 Ω m, dipermukaan nilai resistivitas tinggi berupa batuan lepas nilai resistivitas 788 - 2168 Ω m, dan terdapat patahan lereng dengan endapan pasir dan lanau dengan nilai resistivitas rendah 29,2 – 111 Ω m, serta terdapat endapan tipis sekitar 1,5- 2 m diatas bed rock (Sinarta et al., 2022). Lapisan tanah lepas dengan kepadatan berbeda-beda, seperti pasir, batupasir, dan andesit, sering terjadi. Jenis tanah Setempat dan pengambilan data curah hujan pada 3 pos pengamatan curah hujan antara lain pos Desa Penelokan, pos Desa Kintamani dan pos Yeh Mampeh untuk dapat menghitung curah hujan dengan polygon thiesen.



Sumber :Google View 2023

Gambar 1. Lokasi Penelitian

Analisis Hidrologi

Dengan menggunakan periode ulang Q5, Q20, Q25, Q50, dan Q100 tahun, proyeksi aliran banjir maksimum dari Sungai Baubau ditentukan melalui analisis hidrologi yang dilakukan untuk studi ini. Pendekatan distribusi akan diterapkan untuk menganalisis antisipasi banjir keluar. Dalam menganalisis debit banjir rencana akan digunakan metode distribusi.

Dalam ilmu statistik diantaranya diantaranya Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson III, dan Distribusi Gumbel merupakan beberapa jenis distribusi frekuensi dalam statistika digunakan sebagai mata pelajaran hidrologi. Data hidrologi yang dianalisis tidak tergantung (independent) dan terdistribusi secara acak dan bersifat statistik. (Lily Montarcih, 2011). Dalam perhitungan analisis frekuensi ditunjukkan Parameter rumus sebagai berikut :

1. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S \quad \dots(1)$$

Dimana :

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan akan terjadi dengan periode ulang

T - tahunan. \bar{X} = Nilai rata-rata hitung sampel.

S = Standar deviasi.

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau yang digunakan periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

2. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } X_T = (\text{Log } \bar{X}) + K_T \times S_{\text{Log } X} \quad \dots(2)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = Intensitas curah hujan dengan periode ulang T tahun.

K_T = Faktor frekuensi

$\text{Log } \bar{X}$ = Nilai rata - rata hitung sampel. $S_{\text{Log } X}$ = Standar deviasi.

3. Distribusi Log Pearson III

$$\text{Log } X_T = (\text{Log } \bar{X}) + K_T \times S_{\text{Log } X} \quad \dots(3)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = Intensitas curah hujan dengan periode ulang T tahun. K_T = Faktor frekuensi.

$\text{Log } \bar{X}$ = Nilai rata - rata hitung sampel. $S_{\text{Log } X}$ = Standar deviasi.

4. Distribusi Gumber

$$X_T = \bar{X} + (Y_{Tr} - Y_n) \times S_x \quad \dots(4)$$

Dimana :

X_T = Besarnya curah hujan rencanaperiode ulang T tahun

Y_n = Reduced mean sesuai jumlah sampel

S_x = Standar deviasi data hujan.

\bar{X} = Nilai rata - rata hitung sampel

S_n = Reduced standar deviation sesuai jumlah sampel/data

Y_{TR} = Reduced variate

Langkah selanjutnya adalah mengukur beberapa parameter statistik menggunakan Chi-square, Smirnov-Kolmogorov dan dispersi setelah metode distribusi tersebut menghasilkan distribusi yang dipilih. Rencana debit banjir pada periode ulang akan dihitung berdasarkan

temuan analisis. Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu digunakan untuk menghitung analisis debit banjir rencana periode ulang. Metode rasional digunakan sebab penulis rasa cocok dengan kondisi lokasi studi di DAS Lereng Gunung Abanag (Pembangunan & Gis, 2021)

HEC – RAS 2D

Sistem Analisis Pusat-Sungai Teknik Hidraulik disingkat menjadi Hec-Ras 2D. Pusat Teknik Hidrologi (HEC) Korps Insinyur Angkatan Darat AS, cabang dari Institut Sumber Daya Air, mengembangkan program ini (USAGE). Menurut Wididarsini dkk. (2021) HEC-RAS adalah model satu dimensi aliran satu dimensi tunak dan tidak stabil yang mewakili aliran permanen dan tidak permanen.

Persamaan massa yan

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \Delta \cdot h V + q = 0 \quad \dots(5)$$

Dengan :

$V (u, v) =$ Vektor kecepatan (m/s)

$H =$ Tinggi muka air (m)

$H =$ Kedalaman (m)

$q =$ Debit (m^3/s)

Kemudian dilakukan penguraian komponen vektor

$$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x} \quad \frac{\partial}{\partial y} \right) \quad \dots(6)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0 \quad \dots(7)$$

Dengan :

$t =$ Waktu (s)

$u =$ Komponen kecepatan terhadap x (m/s)

$v =$ Komponen kecepatan terhadap y (m/s)

Persamaan Momentum

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \nabla \cdot \nabla V = -g \nabla H + v_t \nabla^2 V - cr V + fx V \quad \dots(8)$$

Komponen vektor dalam uraian adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + V \frac{\partial v}{\partial x} = g \frac{\partial H}{\partial y} + v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c \frac{\partial u}{\partial x} \quad u + fv \quad \dots(9)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + V \frac{\partial v}{\partial x} = g \frac{\partial H}{\partial y} + v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c \frac{\partial u}{\partial x} \quad u + fu \quad \dots(10)$$

Dengan :

$g =$ Gravitasi (m/s^2)

$v_t =$ Eddy viscosity

$f =$ Efek korolis

$cr =$ Gesekan dasar

Chek Dam

Dalam memodelkan chek dam komponen-komponen check dam perlu dihitung dan yang pertama untuk menentukan dimensi peluap dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Qd = \frac{2}{15} C \sqrt{2g} (3B_1 + 2B_2) h_w^{3/2} \quad \dots(11)$$

Untuk tebal lantai terjun dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = c(0,6h_i + 3h_w - 1,0) \quad \dots(12)$$

ANALISIS PENELITIAN

Analisis Hidrologi

Angka curah hujan harian tertinggi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Stasiun Hujan di Posko Kintamani, yang berada di dekat DAS Lereng Gunung Abang. Periode yang dicakup oleh data ini adalah 2012–2021. Tabel 1 menampilkan hasil yang telah dirangkum. untuk mendapatkan Rmax setiap tahunnya.

Tabel 1. Rekapitulasi Curah Hujan tahunan dari tahun 2012-2021

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	R Maksimum (harian)
2012	575.0	380.0	968.0	107.0	130.0	5.0	8.0	0.0	0.0	0.0	91.0	273.0	64.5
2013	656.5	303.0	416.0	230.0	113.0	255.0	36.0	0.0	0.0	0.0	204.0	208.0	43.8
2014	436.0	357.0	179.0	140.0	0.0	1.0	28.0	6.0	0.0	2.0	18.0	471.0	31.4
2015	329.0	233.0	391.0	153.0	53.0	12.0	0.0	2.0	0.0	0.0	53.5	261.0	26.1
2016	256.0	407.0	92.6	38.5	125.0	24.0	101.0	1.0	37.0	119.0	71.0	368.0	27.1
2017	669.0	980.0	282.0	118.5	21.0	57.0	32.5	3.5	0.0	18.0	402.0	356.0	65.3
2018	606.0	642.5	395.5	77.0	0.0	11.5	0.0	13.0	0.0	0.0	223.0	223.0	42.8
2019	757.0	607.5	316.0	322.0	58.0	5.0	0.0	0.0	0.0	33.0	21.5	144.5	50.5
2020	266.0	634.0	398.5	72.0	95.0	2.0	0.0	1.5	0.0	50.0	144.0	406.0	42.3
2021	570.5	832.5	223.5	105.0	0.0	32.5	0.0	22.0	22.0	24.5	331.0	308.0	55.5

Sumber :Hasil Analisis Data BMKG tahun 2022

Berdasarkan hasil perhitungan yang dimaksud, analisis frekuensi curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode tiga distribusi untuk nantinya dipilih dengan nilai yang terkecil berdasarkan kala ulang 25 tahun, dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Analisis frekuensi curah hujan dengan metode tiga distribusi

Kala Ulang	Curah Hujan Rencana (mm)		
	Log Pearson III	Log Normal	Gumbel
1.01	16.59	19.78	14.68
2	44.63	42.83	43.01
5	56.92	56.65	59.94
10	63.27	65.56	71.15
25	69.76	76.61	85.32
50	73.73	84.72	95.83

Sumber : Analisis tahun 2022

Analisis Banjir

Analisa debit banjir dengan Banjir maksimum untuk saluran dengan luas aliran sedang (sekitar 40–80 km²) ditentukan dengan menggunakan metode rasional. Metode rasional ini dapat dihitung $Q_t = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$ (m³/dtk) dimana :

$$Q_t = \text{debit banjir rencana (m}^3/\text{dtk)} \quad \dots(13)$$

$$C = 0.8$$

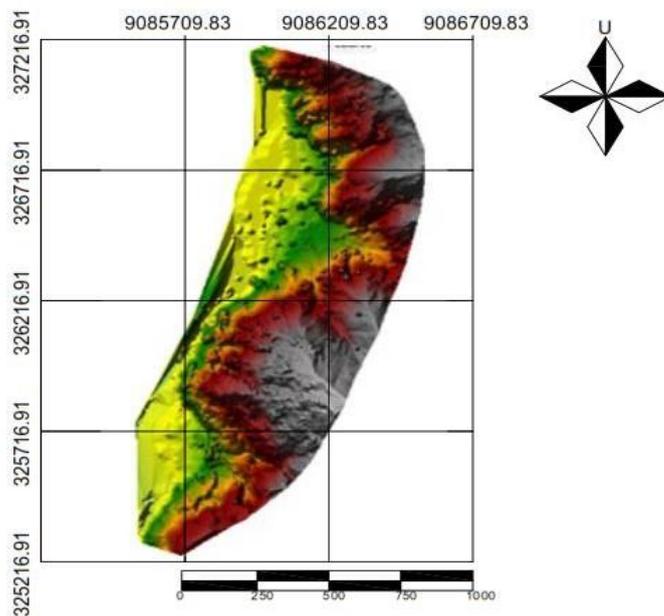
$$I = 62.00 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0.18 \text{ km}^2$$

$$Q = 2,482 \text{ m}^3/\text{s}$$

Analisis Sebaran tanah longsor (Debris Flow)

Identifikasi besaran dimensi dari saluran longsor yang ada di desa trunyan dipelukan data DEM (digital elevation model) yang kita peroleh dari pencitraan udara untuk mengetahui elevasi dari wilayah saluran longsor. selanjutnya untuk mengetahui dimensi saluran longsor data DEM dikonversi menjadi data topografi dan membagi section saluran untuk mendapatkan rata-rata luas penampang longsor seperti gambar dibawah ini.



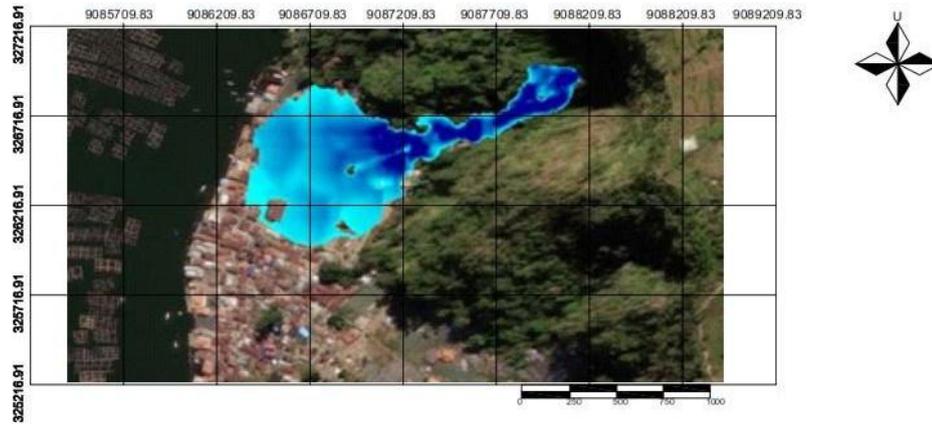
Sumber : Analisis ArcGis 2022

Gambar 2. Digital Elevation Model DAS Lereng Gunung Abang

Luas penampang longsor pada longoran lereng gunung abang di peroleh luas aliran longsor yaitu 284,6 m².

Analisis Sebaran Longsor (Flow Debris)

Dalam analisis Hec-Ras2d flow debris yang di input dalam aplikasi Hec-Ras2d adalah longoran yang terjadi dengan kala waktu 24 jam dengan Debit hujan sebesar 2.206 m³/s dan volume debris yang terjadi selama 1jam dengan volume debris total sebesar 51711,923 m³ terjadi selama 1 jam pada jam ke dua. Berikut dibawah adalah Gambar Hasil Sebaran Tanah Longsor :



Sumber : Analisis Hec-Ras 2D 2022

Gambar 3. Hasil Sebaran Tanah Longsor

Tabel 3. Flow Hidrograft

Date	Simulation Tame (hours)	Flow (m ³ /s)
13-Nov-22	0.00	0.103
14-Nov-22	1.00	51711.9
14-Nov-22	2.00	0.103
14-Nov-22	3.00	0.103
14-Nov-22	4.00	0.103
14-Nov-22	5.00	0.103
14-Nov-22	6.00	0.103
14-Nov-22	7.00	0.103
14-Nov-22	8.00	0.103
14-Nov-22	9.00	0.103
14-Nov-22	10.00	0.103
14-Nov-22	11.00	0.103
14-Nov-22	12.00	0.103
14-Nov-22	13.00	0.103
14-Nov-22	14.00	0.103
14-Nov-22	15.00	0.103
14-Nov-22	16.00	0.103
14-Nov-22	17.00	0.103
14-Nov-22	18.00	0.103
14-Nov-22	19.00	0.103
14-Nov-22	20.00	0.103
14-Nov-22	21.00	0.103
14-Nov-22	22.00	0.103
14-Nov-22	23.00	0.103
14-Nov-22	24.00	0.103

Sumber : Analisis Hec-Ras 2D 2022

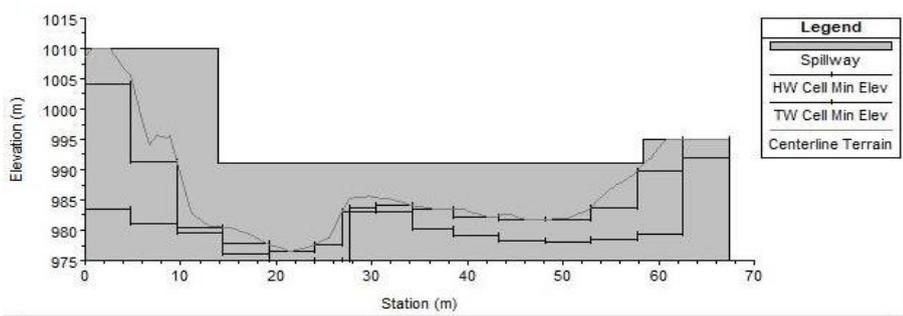
Model Bangunan Penahan Aliran Longsor (Check Dam)

Check dam adalah infrastruktur structural yang berfungsi sebagai bangunan penahan aliran longsor. Penempatan check dam berada pada akhir aliran longsor berikut analisis pemodel check dam pada aliran longsor di lereng gunung abang:



Sumber : Analisis Hec-Ras 2D 2022

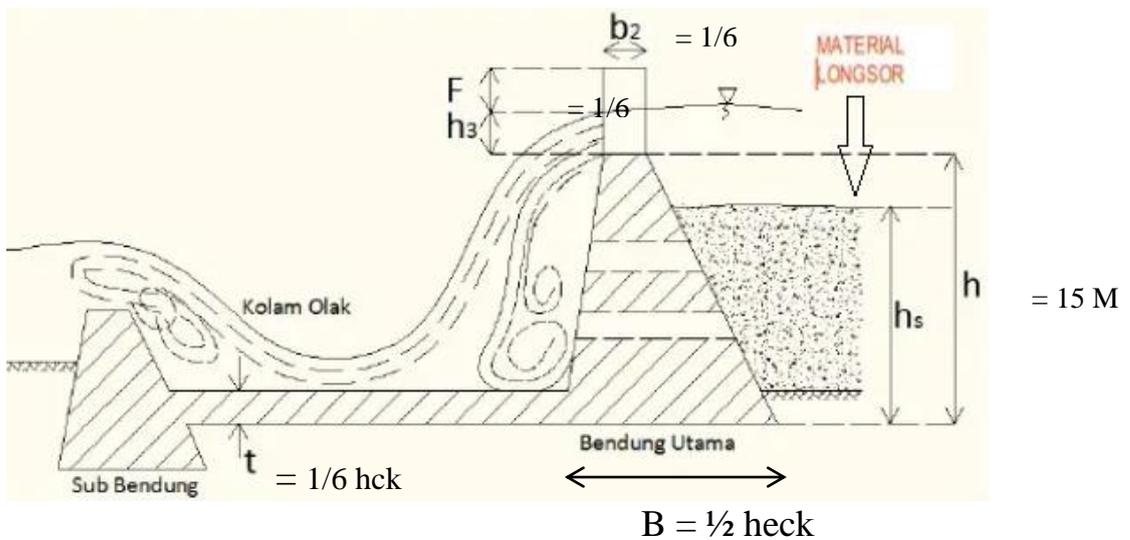
Gambar 4. Penempatan Check Dam



Sumber : Analisis Hec-Ras 2D 2022

Gambar 5. Penampang Melintang check dam pada aplikasi hec-ras 2D

Dengan Stabilitas Check Dam yang dapat dihasilkan dari metode hec-ras2d adalah stabilitas daya dukung tanah sebagai mengamankan daerah sekitar dari datangnya kendala antara banjir sedimen. Dalam memodelkan check dam pada metode hec-ras2d di peroleh dimensi check dam yaitu :



Sumber : Analisis Autocad 2022

Gambar 6. konsep perencanaan check dam

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis di atas maka dapat disimpulkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebaran longsor (debris flow) yang terjadi di lereng gunung abang seluas 3.1 ha
2. Infrastruktur penahan aliran longsor (debris flow) yang cocok adalah check dam sebagai bendung utama dengan sedimen dasar bendung utama untuk mengatasi muka air atas meluap dan sebagai penjagaan dari tanah longsor di atasnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eka, D., Sholikha, Z., & Ibrahim, M. (2022). “Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC- RAS di Sub DAS Cisadane Hilir”. *07(02)*, 147–160. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.2.147-160>
- [2] Informasi, S., Sig, G., & Kelurahan, D. I. (2018). *Analisis banjir dengan metode muskingum cunge dan sistem informasi geografis (sig) di kelurahan banyuanyar, surakarta*. 613–620.
- [3] Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke 16, ISSN:2985-7007 (pp. 11–18). ITB Press Jl. Ganesha No. 10, Bandung, Provinsi Jawa Barat, 40132.
- [4] Pembangunan, J., & Gis, M. H. D. A. N. (2021). *ANALISIS GENANGAN BANJIR AKIBAT DEBIT PUNCAK DI DAS BAUBAU ANALYSIS OF FLOOD DUE TO PEAK FLOW IN BAUBAU WATERSHED USING HEC-RAS*. *17(2)*, 192–206.
- [5] Sarminingsih, A. (2018). *Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan*. *15(1)*.
- [6] Sinarta, I. N., Candrayana, K. W., & Sumanjaya, A. A. G. (2022). NILAI RESISTIVITAS DAN STRUKTUR BATUAN VULKANIK PASCA GEMPA DI. In P. I. Wahyuni (Ed.), *Konferensi*
- [7] Sinarta, I. N., Rifa'i, A., Fathani, T. F., & Wilopo, W. (2017). Landslide Hazards Due To Rainfall Intensity in the Caldera of Mount Landslide Hazards Due To Rainfall Intensity in. *The 1st Warmadewa University International Conference on Architecture and Civil Engineering SUSTAINABILITY, DESIGN AND CULTURE 20th October 2017, Faculty of Engineering, Warmadewa University, Bali LANDSLIDE, 1*, 160–167.
- [8] Sinarta, I. N., & Wahyuni, P. I. (2022). Analisis Potensi Longsor Rombakan (Debris Flow) dengan Pemodelan Aliran di Lereng Gunung Abang , Kintamani , Bali. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, *28(2)*, 161–168.
- [9] Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. ANDI Offset Yogyakarta.
- [10] Widiarsini, P. G., Suryantara, I. P. G., & Infantri, M. (2021). *Natural cross-sectional hydraulic analysis in lower unda river*. *9(1)*

