



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WILAYAH VIII  
Jalan Trengguli I, Tembawu - Penatih, Denpasar Timur 80238  
Telepon: (0361) 462964; Faksimili: (0361) 461738  
Laman: www.lldikti8.ristekdikti.go.id

---

**KONTRAK PENELITIAN TAHUN ANGGARAN 2019**  
**ANTARA**  
**KEPALA LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WILAYAH VIII**  
**DENGAN**  
**Universitas Warmadewa**  
**Dalam Pelaksanaan Penelitian Dasar**  
**Usulan Baru**  
**Nomor: 0952/ L8/KM/2019**

Pada hari ini **Rabu** tanggal **Dua Puluh Tujuh** bulan **Maret** tahun dua ribu Sembilan belas, kami yang bertanda tangan dibawah ini :

1. **Prof. Dr. Drs. I Nengah Dasi Astawa, M.Si** : **Kepala Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah VIII**  
**Nip. 196002091987031002** yang berkedudukan di Denpasar, Jl. Trengguli I, Banjar Tembawu, Penatih Denpasar Timur, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Kuasa Pengguna Anggaran pada Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah VIII untuk selanjutnya di sebut **PIHAK PERTAMA**
2. **Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.ParK.** : Sebagai Rektor pada **Universitas Warmadewa** yang berkedudukan di **Denpasar** dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Perguruan Tinggi selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA.**  
**Nip/Nidn/Nik: 230800260**

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian, dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut:

**PASAL 1**  
**DASAR HUKUM**

Kontrak Penelitian ini berdasarkan kepada:

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2003 tentang Keuangan Negara;
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2004 tentang Perbendaharaan Negara;
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2004 tentang Pemeriksaan Pengelolaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara;
5. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
6. Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2015 tentang bentuk dan Mekanisme Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum:

7. Peraturan Presiden Nomor 13 Tahun 2015 tentang Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi;
8. Peraturan Presiden Nomor 16 tahun 2018 tentang Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah;
9. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 139/PMK.02/2015 tentang Tata Cara Penyediaan, Pencairan, dan Pertanggungjawaban Pemberian Bantuan Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;
10. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 32/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Masukan Tahun 2019;
11. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 60/PMK.02/2018 tentang Persetujuan Kontrak Tahun Jamak oleh Menteri Keuangan;
12. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 69/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Keluaran Tahun 2019;
13. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan tinggi Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan tinggi;
14. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 tahun 2016 tentang Tata Cara Pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer Penelitian;
15. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 6 tahun 2018 tentang Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri;
16. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 20 tahun 2018 tentang Penelitian;
17. Peraturan Direktur Jenderal Perbendaharaan Kementerian Keuangan Republik Indonesia Nomor 15/PB/2017 tentang Petunjuk Pelaksanaan Pembayaran Anggaran Penelitian Berbasis Standar Biaya Keluaran Sub Keluaran Penelitian;
18. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 209/M/KPT/2018 tentang Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi XII;
19. Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Nomor 7/E/KPT/2019 tentang Penerima Pendanaan Penelitian di Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2019.
20. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian, dan Pendidikan Tinggi Nomor SP Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2019 tanggal 5 Desember 2018.
21. Kontrak Pendanaan Pejabat Pembuat Komitmen Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat dengan Kepala LLDIKTI Wilayah VIII Nomor : 112/SP2H/PPM/DRPM/I/2019 tanggal 3 Maret 2019

## **PASAL 2 RUANG LINGKUP**

- (1) Ruang lingkup Kontrak Penelitian ini meliputi Pelaksanaan Penelitian sebanyak **2 (Dua) judul** penelitian yang dibebankan pada DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian, dan Pendidikan Tinggi Nomor SP Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2019 tanggal 5 Desember 2018
- (2) Daftar nama Ketua Pelaksana, judul penelitian, luaran tambahan, jangka waktu penelitian, dan besarnya biaya setiap tahun masing-masing judul penelitian tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Kontrak Penelitian ini.

## **PASAL 3 JANGKA WAKTU**

- (1) Kontrak Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu:
  - a. 1 (satu) tahun
  - b. 2 (dua) tahun; dan
  - c. 3 (tiga) tahunyang mulai berlaku sejak tahun 2019.
- (2) Kontrak Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a dilaksanakan untuk penelitian sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Kontrak Penelitian ini.
- (3) Kontrak Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b dilaksanakan untuk penelitian sebagaimana tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Kontrak Penelitian ini.
- (4) Keberlanjutan penelitian sebagaimana tercantum dalam Lampiran I dan Lampiran II ditentukan berdasarkan hasil penilaian atas capaian tahun berjalan yang dilakukan oleh Komite Penilaian Keluaran Penelitian dan/atau Reviewer Keluaran Penelitian.

## **PASAL 4 HAK DAN KEWAJIBAN**

- (1) **PIHAK PERTAMA** mempunyai kewajiban:
  - a. memberikan pendanaan penelitian kepada **PIHAK KEDUA**;
  - b. melakukan pemantauan dan evaluasi;
  - c. melakukan penilaian luaran penelitian; dan
  - d. melakukan validasi luaran tambahan.
- (2) **PIHAK KEDUA** mempunyai kewajiban:
  - a. membuat sub Kontrak Penelitian antara Kepala LLDIKTI dengan Pimpinan PTS di wilayahnya. Selanjutnya masing-masing Pimpinan PTS membuat surat Kontrak Penelitian dengan ketua pelaksana untuk pengaturan hak dan kewajiban setiap pelaksana di lingkungan perguruan tingginya yang memuat antara lain:
    1. nama pelaksana;
    2. judul penelitian;
    3. jumlah dana penelitian;
    4. tata cara dan termin pembayaran;
    5. waktu pelaksanaan;
    6. batas akhir pelaporan;
    7. pencantuman pemberi dana penelitian dalam publikasi ilmiah;
    8. luaran penelitian; dan
    9. sanksi.

- b. mengkoordinir dan bertanggung jawab atas terlaksananya Kontrak Penelitian yang dilakukan oleh para peneliti di Perguruan Tinggi Swasta di wilayah LLDIKTI VIII.
- c. memantau pengunggahan ke laman SIMLITABMAS dokumen sebagai berikut:
1. revisi proposal penelitian
  2. catatan harian pelaksanaan penelitian
  3. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
  4. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan
  5. laporan akhir penelitian
  6. luaran penelitian
- paling lambat tanggal 16 November tiap tahun Anggaran berjalan.
- (3) **PIHAK PERTAMA** mempunyai hak menerima dokumen hasil unggahan di laman SIMLITABMAS sebagai berikut:
1. revisi proposal penelitian
  2. catatan harian pelaksanaan penelitian
  3. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
  4. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan
  5. laporan akhir penelitian
  6. luaran penelitian
- (4) **PIHAK KEDUA** mempunyai hak mendapatkan dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA**.

#### **PASAL 5 CARA PEMBAYARAN**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberikan pendanaan penelitian sebesar: **Rp 131,345,000,- (Seratus tiga puluh satu juta tiga ratus empat puluh lima ribu Rupiah)** yang dibebankan kepada DIPA Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian, dan Pendidikan Tinggi Nomor SP Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2019 tanggal 5 Desember 2018
- (2) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan **oleh PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap:
- a. **Rp 131,345,000,- ( Seratus tiga puluh satu juta tiga ratus empat puluh lima ribu Rupiah )** untuk dana penelitian, **Rp ( Nol Rupiah )** untuk dana tambahan pada tahun pertama.
  - b. **Rp 167,925,000,- ( Seratus enam puluh tujuh juta sembilan ratus dua puluh lima ribu Rupiah )** untuk dana penelitian, **Rp 0,- ( Nol Rupiah )** untuk dana tambahan pada tahun kedua
  - c. **Rp ( Nol Rupiah )** untuk dana penelitian, **Rp. (Nol Rupiah)** untuk dana tambahan pada tahun ketiga.
- dari Bendahara Pengeluaran Kantor Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah VIII kepada rekening Institusi melalui mekanisme Pembayaran Langsung (LS).
- (3) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a, diberikan dengan ketentuan apabila revisi proposal penelitian telah diunggah ke laman SIMLITABMAS.
- (4) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b dan huruf c, diberikan berdasarkan hasil penilaian atas capaian tahun sebelumnya yang dilakukan oleh Komite Penilaian Keluaran Penelitian dan/atau Reviewer Keluaran Penelitian.
- (5) Biaya luaran tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** pada bulan Oktober tiap tahun.
- (6) Apabila luaran tambahan dinyatakan tidak valid oleh **PIHAK PERTAMA** sebagaimana dimaksud Pasal 4 ayat (1), maka dana luaran tambahan yang sudah diterima harus disetorkan kembali ke kas negara.

- (7) Pendanaan Kontrak Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dibayarkan kepada Institusi sebagai berikut.

Nama Institusi : Universitas Warmadewa  
No. Rekening : 054 02.02.32660-2  
Nama penerima pada rekening : Lembaga Penelitian Univ Warmadewa  
Nama Bank : Lembaga Penelitian Univ Warmadewa ✓  
Alamat Bank : Kantor kas Warmadewa  
Kota : Denpasar  
NPWP Perguruan Tinggi : 31.183.742.1-903.000

- (8) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggungjawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana, yang disebabkan oleh kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan informasi sebagaimana dimaksud pada ayat (7).

#### **PASAL 6 PENGGANTIAN KEANGGOTAAN**

- (1) Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan.
- (2) Apabila Ketua tim pelaksana penelitian tidak dapat menyelesaikan penelitian atau mengundurkan diri, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk pengganti Ketua Tim Pelaksana penelitian yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan.
- (3) Dalam hal tidak adanya pengganti ketua tim pelaksana penelitian sesuai dengan syarat ketentuan yang ada, maka penelitian dibatalkan dan dana dikembalikan ke Kas Negara.

#### **PASAL 7 PAJAK**

**PIHAK KEDUA** berkewajiban memungut dan menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa:

1. pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
2. pajak-pajak lain sesuai ketentuan.

#### **PASAL 8 KEKAYAAN INTELEKTUAL**

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan.
- (2) Setiap publikasi, makalah, dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan **PIHAK PERTAMA** sebagai pemberi dana.

- (3) Hasil penelitian berupa peralatan adalah milik negara dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).

#### **PASAL 9 KEADAAN KAHAR**

- (1) **PARA PIHAK** dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam Kontrak Penelitian disebabkan atau diakibatkan oleh peristiwa atau kejadian diluar kekuasaan **PARA PIHAK** yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (force majeure).
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (force majeure) dalam Kontrak Penelitian ini adalah bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru-hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan Kontrak Penelitian ini.
- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (force majeure) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan memaksa (force majeure), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak yang berwajib, dan **PARA PIHAK** dengan itikad baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

#### **PASAL 10 PENYELESAIAN PERSELISIHAN**

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan Kontrak Penelitian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat
- (2) Dalam hal tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan memilih domisili hukum di Pengadilan Setempat.

#### **Pasal 11 AMANDEMEN KONTRAK**

Apabila terdapat hal lain yang belum diatur atau terjadi perubahan dalam Kontrak Penelitian ini, maka akan dilakukan amandemen Kontrak Penelitian.

#### **PASAL 12 SANKSI**

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Kontrak Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** tidak melaksanakan kewajiban sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (2), maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif.
- (2) Sanksi administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.

#### **PASAL 13 LAIN-LAIN**

Dalam hal **PIHAK KEDUA** berhenti dari jabatannya sebelum Kontrak Penelitian ini selesai, maka **PIHAK KEDUA** wajib melakukan serah terima tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya.

**PASAL 14  
PENUTUP**

Surat Perjanjian Kontrak Penelitian ini dibuat rangkap 2 ( dua ) bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya materai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

**PIHAK PERTAMA**



**Prof. Dr. I Nengah Dasi Astawa, M.Si**  
**NIP 19600209 198703 1 002**

**PIHAK KEDUA**



**Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.Park.**

**Nip/ Nidn/ 230800260**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WILAYAH VIII  
Jalan Trengguli I, Tembau - Penatih, Denpasar Timur 80238  
Telepon: (0361) 462964; Faksimili: (0361) 461738  
Laman: www.lldikti8.ristekdikti.go.id

BERITA ACARA PEMERIKSAAN  
Penelitian Dasar  
Usulan Baru  
BAGI DOSEN PERGURUAN TINGGI SWASTA  
DILINGKUNGAN LLDIKTI VIII  
NOMOR : 0952 / L8/KM/2019

Pada hari ini, **Rabu Tanggal Dua Puluh Tujuh** bulan **Maret** tahun **Dua Ribu Sembilan Belas** kami selaku penerima hasil pekerjaan untuk pelaksanaan Penelitian Dasar Usulan Baru di masing-masing PTS di lingkungan LLDIKTI Wilayah VIII dibawah ini :

1. Nama : Prof. Dr. Drs I Nengah Dasi Astawa, M.Si  
Nip : 196002091987031002  
Jabatan : Kuasa Pengguna Anggaran  
Alamat : Jl. Trengguli I Banjar Tembau – Penatih Denpasar Timur

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama LLDIKTI Wilayah VIII, dalam berita acara ini untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**.

2. Nama : Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.ParK.  
NIP / NIDN / NIK : 230800260  
Jabatan : Rektor  
Nama PTS : Universitas Warmadewa  
Alamat : Jl. Terompong No. 24 Tanjung Bungkak Denpasar

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Warmadewa yang selanjutnya dalam berita acara ini disebut sebagai **PIHAK KEDUA**.

Sesuai hasil pemeriksaan dan pemantauan dari Penelitian Dasar Usulan Baru berfungsi dengan baik sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Penelitian Nomor: 0952 /L8/KM/2019 tanggal 12 Maret 2019 sebagai persyaratan pencairan dana Penelitian Tahun jamak 70 %.

Demikian berita acara Pemeriksaan Penelitian ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

PIHAK PERTAMA

Prof. Dr. Drs. I Nengah Dasi Astawa, M.Si  
Nip. 196002091987031001

PIHAK KEDUA

Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.ParK.  
Nip / Nidn / Nik : 230800260





KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WILAYAH VIII  
Jalan Trengguli I, Tembau - Penatih, Denpasar Timur 80238  
Telepon: (0361) 462964; Faksimili: (0361) 461738  
Laman: www.lldikti8.ristekdikti.go.id

BERITA ACARA PEMBAYARAN  
DALAM PELAKSANAAN Penelitian Dasar  
Usulan Baru  
BAGI DOSEN PERGURUAN TINGGI SWASTA  
DILINGKUNGAN LLDIKTI WILAYAH VIII  
NOMOR :0952 /L8/KM/2019

Pada hari ini, **Rabu Tanggal Dua Puluh Tujuh** bulan Maret tahun **Dua Ribu Sembilan Belas** kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Prof. Dr. Drs I Nengah Dasi Astawa, M.Si  
Nip : 196002091987031002  
Jabatan : Kuasa Pengguna Anggaran  
Alamat : Jl. Trengguli I Banjar Tembau – Penatih Denpasar Timur

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama LLDIKTI Wilayah VIII, dalam berita acara ini untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**.

2. Nama : Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.ParK.  
NIP / NIDN / NIK : 230800260  
Jabatan : Rektor  
Nama PTS : Universitas Warmadewa  
Alamat : Jl. Terompong No. 24 Tanjung Bungkak Denpasar

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Warmadewa yang selanjutnya dalam berita acara ini disebut sebagai **PIHAK KEDUA**.

A. Berdasarkan :

- No. dan tanggal DIPA : SP DIPA- 042.06.1.401516/2019 tanggal 5 Desember 2018  
No. dan Tanggal SP2H : 230 / SP2H/LT/DRPM/2019 dan 0952 /L8/KM/2019  
Nilai SP2H : **Rp. 91,941,500 (Sembilan puluh satu juta sembilan ratus empat puluh satu ribu lima ratus Rupiah)**  
Uraian Pekerjaan : Biaya Pelaksanaan Hibah Penelitian Dasar Usulan Baru bagi Dosen tahun anggaran 2019

B. Berdasarkan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian Tersebut, maka **PIHAK KEDUA** berhak menerima pembayaran dari **PIHAK PERTAMA** dengan rincian sebagai berikut :

1. Pembayaran tahap I : Pertama 70 %  
2. Perhitungan Pembayaran  
a. Jumlah Pembayaran Fisik pada BAP ini 70 % : Rp.91,941,500,-  
b. Jumlah Pembayaran fisik BAP pada BAP lalu : Rp. - ( + )  
c. Jumlah Pembayaran fisik s.d BAP ini : Rp. 91,941,500,-

**PIHAK KEDUA** setuju atas jumlah pembayaran tersebut diatas dan dibayarkan melalui **Bank BPD**, Nomor Rekening : **054 02.02.32660-2** atas nama Penerima : **Lembaga Penelitian Univ Warmadewa**

Demikian Berita Acara Pembayaran Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua) untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Prof. Dr. Drs. I Nengah Dasi Astawa, M.Si  
Nip. 196002091987031001

PIHAK KEDUA

Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.ParK.  
Nip / Nidn / Nik : 230800260

SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB MUTLAK  
BERDASARKAN ADENDUM KONTRAK PENELITIAN  
TAHUN ANGGARAN 2019

---

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.ParK.  
Nip/Nidn/NIK : 230800260  
Jabatan : Rektor  
Institusi : Universitas Warmadewa  
No. SP2H : 230/SP2H/LT/DRPM/2019  
No. Kontrak : 0952 / L8/ KM /2019  
Jumlah Judul : 2 Judul  
Jumlah Dana 100% : Rp., 131,345,000  
Jumlah Dana 70 % : Rp. 91,941,500  
Jumlah Dana 30 % : Rp. 39,403,500  
Dana Tambahan : Rp.  
Nama Skim : Penelitian Dasar Usulan Baru

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Bertanggung jawab dalam Pembelanjaan dana Kontrak Penelitian berkewajiban untuk menyimpan semua bukti –bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan;
2. Bertanggung Jawab atas Pelaksanaan Penelitian;
3. Berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke kas Negara;
4. Bertanggung jawab penuh atas data dan administrasi pelaksanaan penerima Kontrak Penelitian;
5. Berkewajiban untuk menindak lanjuti dan mengupayakan hasil kontrak penelitian yang dilakukan secara efektif dan efisien;
6. Berkewajiban untuk menyimpan Hardcopy dan softcopy Laporan Kemajuan dan Laporan akhir kontrak penelitian.

Denpasar, 27 , Maret 2019

Pimpinan Perguruan Tinggi Swasta



Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.ParK.

Nip/Nidn/Nik : 230800260



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WILAYAH VIII  
Jalan Trengguli I, Tembau - Penatih, Denpasar Timur 80238  
Telepon: (0361) 462964; Faksimili: (0361) 461738  
Laman: www.lldikti8.ristekdikti.go.id

## KUITANSI/BUKTI PEMBAYARAN

Sudah Terima Dari : Kuasa Pengguna Anggaran LLDIKTI Wilayah VIII  
Jumlah Uang : **Rp. 91,941,500**  
Terbilang : Sembilan puluh satu juta sembilan ratus empat puluh satu ribu lima ratus Rupiah  
Untuk Pembayaran : Biaya Pelaksanaan Kegiatan Penelitian Dasar Usulan Baru Tahap 70 %  
Jumlah Judul : Sebanyak 2 JUDUL  
Nama PTS : Universitas Warmadewa  
Dana Tambahan : **Rp. \_**

Tahun Anggaran 2019

SETUJU DIBAYAR:

Kuasa Pengguna Anggaran (KPA)  
LLDIKTI Wilayah VIII

Prof. Dr. Nengah Dasi Astawa, M.Si  
Nip. 196002091987031002

Denpasar, 27 Maret 2019

Yang Menerima



Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E., Sp.ParK.  
Nip / Nidn / Nik :230800260

No	Nidn/NIM	Nama_ketua_tanpa_gelar	Nama_pt	Judul	Nama_s_kim	Dana_100%	Dana_70%	Dana_30%	Status Usulan	Dana Tambahan	Luaran tambahan
1	0802077001	I NENGAH SINARTA	Universitas Warmadewa	KAJIAN DAN ANALISIS ANCAMAN BENCANA TANAH LONGSOR ROMBAKAN (DEBRIS FLOW) PADA LERENG GEOPARK BATUR (Study Kasus di Desa Abang Batudindir dan Desa Teru'nyan)	Penelitian Dasar	73,045,000	51,131,500	21,913,500	Baru	-	-
2	0802016601	LUH SURIATI	Universitas Warmadewa	STABILISASI GEL LIDAH BUAYA SEBAGAI EDIBLE COATING BUAH STROBERI	Penelitian Dasar	58,300,000	40,810,000	17,490,000	Baru	-	-

TOTAL DANA KESELURUHAN	131,345,000
TOTAL JUDUL	2 Judul

Kepala



Prof. Dr. Drs. I Nengah Dasi Astawa, M.Si  
196002091987031002



**Kontrak Penelitian Dasar  
Usulan Baru  
TAHUN ANGGARAN 2019  
Nomor : 523/UNWAR/LEMLIT/PD-13/2019**

Pada hari ini **Kamis** tanggal **Dua Puluh Delapan** bulan **Maret** tahun **Dua Ribu Sembilan Belas**, kami yang bertanda tangan dibawah ini :

1. **Prof. Dr. I Made Suwitra, SH., MH.** : Kepala Lembaga Penelitian Universitas Warmadewa selanjutnya di sebut **PIHAK PERTAMA**  
**NIP: 196012311985031024**
2. **Dr. I Nengah Sinarta, ST., MT.** : Ketua Peneliti selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**  
**NIDN: 0802077001**

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** secara bersama sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian, dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut:

**Pasal 1  
DASAR HUKUM**

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2003, tentang Keuangan Negara;
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2004, tentang Perbendaharaan Negara;
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2004, tentang Pemeriksaan Pengelolaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara;
5. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
6. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2015 tentang bentuk dan Mekanisme Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;
7. Peraturan Presiden Nomor 13 Tahun 2015 tentang Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi;
8. Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang dan Jasa;
9. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 139/PMK.02/2015 tentang Tata Cara Penyediaan, Pencairan, dan Pertanggungjawaban Pemberian Bantuan Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;
10. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 32/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Masukan Tahun 2019;
11. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 60/PMK.02/2018 tentang Persetujuan Kontrak Tahun Jamak oleh Menteri Keuangan;

12. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 69/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Keluaran Tahun 2019;
13. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi;
14. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 Tahun 2016, tentang Tata Cara Pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer Penelitian;
15. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2018, tentang Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri;
16. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2018, tentang Penelitian;
17. Peraturan Direktur Jenderal Perbendaharaan Kementerian Keuangan Republik Indonesia Nomor 15/PB/2017, tentang Petunjuk Pelaksanaan Pembayaran Anggaran Penelitian Berbasis Standar Biaya Keluaran Sub Keluaran Penelitian;
18. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 209/M/KPT/2018, tentang Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi XII;
19. Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Nomor 7/E/KPT/2019, tentang Penerima Pendanaan Penelitian di Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2019;
20. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian, dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2019 tanggal 5 Desember 2018;
21. Kontrak Pendanaan Pejabat Pembuat Komitmen Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat dengan Kepala LLDIKTI Wilayah VIII Nomor: 112/SP2H/PPM/DRPM/2019 tanggal 3 Maret 2019;
22. Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2019 Antara Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Dengan Universitas Warmadewa Nomor: 0952/L8/KM/2019.

## **PASAL 2**

### **Jangka Waktu**

- (1) Kontrak Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 1 (satu) tahun.
- (2) Kontrak Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan untuk penelitian sebagaimana tercantum dalam lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Kontrak Penelitian ini.

## **Pasal 3**

### **Hak dan Kewajiban**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk mengkoordinir dan sebagai penanggungjawab Pelaksanaan Penugasan Program Penelitian yang dilakukan oleh para dosen sebagai Tim Peneliti pada skema penelitian yang diperoleh.

- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh atas pelaksanaan, administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagai dimaksud pada ayat (1) dan berkewajiban menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya.
- (3) Pelaksanaan Penugasan Program Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dengan judul **Kajian dan Analisis Ancaman Bencana Tanah Longsor Rombakan (Debris Flow) pada Lereng Geopark Batur (Study Kasus di Desa Abang Batudinding dan Desa Terunyan)**, dibebankan pada DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2019 tanggal 5 Desember 2018.

#### **PASAL 4**

##### **Cara Pembayaran**

- (1) Pendanaan Penelitian dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap sebesar 70% dan 30%:
  - a. Pendanaan Penelitian keseluruhan sebesar **Rp. 73.045.000,-** (*Tujuh puluh tiga juta empat puluh lima ribu rupiah*)
  - b. Pembayaran Tahap Pertama sebesar **Rp. 51.131.500,-** (*Lima puluh satu juta seratus tiga puluh satu ribu lima ratus rupiah*)
  - c. Pembayaran Tahap Kedua sebesar **Rp. 21.913.500,-** (*Dua puluh satu juta sembilan ratus tiga belas ribu lima ratus rupiah*)
  - d. Pembayaran dana luaran tambahan sebesar **Rp. ,-** (*Nol Rupiah*) dibayarkan bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua.
- (2) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b, diberikan dengan ketentuan apabila revisi proposal penelitian telah diunggah ke laman SIMLITABMAS.
- (3) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c, dengan ketentuan apabila **PIHAK PERTAMA** telah menerima dokumen sebagai berikut:
  - a. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian.
  - b. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan.
- (4) Apabila luaran tambahan dinyatakan tidak valid oleh Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, maka dana luaran tambahan sebagaimana dimaksud ayat (1) huruf d yang sudah diterima harus disetorkan kembali ke kas Negara.

#### **PASAL 5**

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** berhenti dari jabatannya, sebelum pelaksanaan perjanjian ini selesai, maka **PIHAK KEDUA** wajib menyerahkan terimakan tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya, dibuktikan dengan Berita Acara Serah Terima yang ditandatangani oleh kedua belah pihak.

- (2) Apabila ketua pelaksana sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan program penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk pengganti ketua pelaksana dari salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan melalui Kepala Lembaga Penelitian Universitas Warmadewa.
- (3) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 maka harus mengembalikan dana yang telah diterimanya ke kas Negara melalui Lembaga Penelitian Universitas Warmadewa.
- (4) Apabila dikemudian hari terbukti bahwa judul-judul program penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan program penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran/etiket kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan program penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib melaporkan ke **PIHAK PERTAMA** serta mengembalikan dana penelitian yang telah diterima ke kas Negara melalui **PIHAK PERTAMA**.

#### **PASAL 6**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menindak lanjuti dan mengupayakan pelaksanaan penelitian yang dilakukan untuk memperoleh luaran wajib untuk setiap judul proposal penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 angka 16 dan 17.
- (2) Perolehan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan luaran wajib sebagaimana dimaksud ayat (1) secara berkala kepada **PIHAK PERTAMA**, yaitu pada setiap akhir Tahun Anggaran berjalan.

#### **PASAL 7**

- (1) **PIHAK KEDUA** harus menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada laman (*website*) SIMLITABMAS.
  - a. Revisi Proposal Penelitian;
  - b. Catatan harian pelaksanaan penelitian;
  - c. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
  - d. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;



- e. Laporan akhir penelitian;
  - f. Luaran penelitian paling lambat tanggal 16 November 2019.
- (2) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim dokumen sebagaimana dimaksud ayat (1), maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (3) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima harus disetorkan kembali ke kas Negara.

### **PASAL 8**

- (1) Laporan hasil penelitian sebagaimana tersebut pada Pasal 7 ayat (1) huruf e ditulis dalam format font Times New Romans ukuran 12 spasi 1,5 kertas A4 (sebagaimana diatur dalam Buku Panduan Penelitian Edisi XII) pada bagian bawah sampul (cover) ditulis:

Dibiayai oleh:  
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2019

- (2) *Softcopy* laporan hasil program penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus diunggah ke laman (*website*) SIMLITABMAS sedangkan *hardcopy* harus disetorkan kepada **PIHAK PERTAMA**.

### **PASAL 9**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban memungut dan menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa:
- a. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
  - b. Pajak-pajak lain sesuai ketentuan.
- (2) Segala bukti pengeluaran anggaran dibuat rangkap 2 (dua) dan dijilid, disetorkan kepada **PIHAK PERTAMA** satu rangkap dan berkas aslinya disimpan oleh **PIHAK KEDUA** untuk digunakan saat diperlukan.

## PASAL 10

- (1) Hak kekayaan intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan program penelitian tersebut diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
- (2) Setiap publikasi, makalah dan atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi sebagai pemberi dana.
- (3) Hasil program penelitian berupa peralatan dan atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik Negara, dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga melalui Berita Acara Serah Terima.
- (4) Apabila terdapat hal-hal lain yang belum diatur dalam Perjanjian Penelitian ini, maka akan diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

## PASAL 11

Surat perjanjian pelaksanaan hibah penugasan penelitian tahun 2019 di buat rangkap 2 (dua) bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya meterai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA



Prof. Dr. I Made Suwitra, SH., MH.  
NIP. 196012311985031024

PIHAK KEDUA



Dr. I Nengah Sinarta, ST., MT.  
NIDN. 0802077001

### PROTEKSI ISI LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

## LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 94fa13fc-2cda-4fd3-aeef-bbf4b5f0d556  
Laporan Kemajuan Penelitian: tahun ke-1 dari 2 tahun

### 1. IDENTITAS PENELITIAN

#### A. JUDUL PENELITIAN

KAJIAN DAN ANALISIS ANCAMAN BENCANA TANAH LONGSOR ROMBAKAN (DEBRIS FLOW) PADA LERENG GEOPARK BATUR (Study Kasus di Desa Abang Batudinding dan Desa Terunyan)

#### B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Kebencanaan	Teknologi dan manajemen bencana alam: gempa bumi, tsunami, banjir bandang, tanah longsor, kekeringan (kemarau), gunung meletus.	Pemetaan bencana sebagai informasi tata ruang wilayah dan design bangunan	Teknik Sipil

#### C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Kompetitif Nasional	Penelitian Dasar	SBK Riset Dasar	SBK Riset Dasar	3	2

### 2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
I NENGAH SINARTA Ketua Pengusul	Universitas Warmadewa	Teknik Sipil		5978126	2
PUTU ARYASTANA S.T, M.Si, M.Eng Anggota Pengusul 2	Universitas Warmadewa	Teknik Sipil		176980	1

PUTU IKA WAHYUNI S.T Anggota Pengusul 1	Universitas Warmadewa	Teknik Sipil	Anggota Peneliti, sebagai analisis lingkungan	6076294	0
--	--------------------------	--------------	---	---------	---

### 3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

### 4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

#### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian ( <i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i> )	Keterangan ( <i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i> )
1	Publikasi Ilmiah Jurnal Internasional	accepted/published	Electronic Journal of Geotechnical Engineering (ISSN: 1089-3032)

#### Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian ( <i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i> )	Keterangan ( <i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i> )
1	Prosiding dalam pertemuan ilmiah Nasional	sudah terbit/sudah dilaksanakan	Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATTI

### 5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

**Total RAB 2 Tahun Rp. 175,920,000**

**Tahun 1 Total Rp. 73,045,000**

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Transport Lokal	OK (kali)	1	350,000	350,000
Analisis Data	Penginapan	OH	2	650,000	1,300,000
Analisis Data	Uang Harian	OH	3	500,000	1,500,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	6	75,000	450,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	10	75,000	750,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	60	17,500	1,050,000
Analisis Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	120	15,000	1,800,000
Bahan	ATK	Paket	1	1,700,000	1,700,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	2	1,500,000	3,000,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Barang Persediaan	Unit	2	1,600,000	3,200,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	Paket	1	1,500,000	1,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	1	2,500,000	2,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	Paket	1	1,500,000	1,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	10,500,000	10,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Paket	1	1,500,000	1,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	Paket	1	2,500,000	2,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	5	200,000	1,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	OH	5	300,000	1,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	OH	5	75,000	375,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	90	15,000	1,350,000
Pengumpulan Data	Tiket	OK (kali)	2	1,200,000	2,400,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	OH	3	500,000	1,500,000
Pengumpulan Data	Penginapan	OH	3	750,000	2,250,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	OH	5	300,000	1,500,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	6	150,000	900,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	7	200,000	1,400,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	8	350,000	2,800,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	Paket	12	150,000	1,800,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	15	75,000	1,125,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	240	12,000	2,880,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	240	12,000	2,880,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	OH/OR	240	8,000	1,920,000
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	Unit	1	765,000	765,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	3	2,500,000	7,500,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	OK (kali)	6	350,000	2,100,000

**Tahun 2 Total Rp. 102,875,000**

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Uang Harian	OH	3	500,000	1,500,000
Analisis Data	Transport Lokal	OK (kali)	3	350,000	1,050,000
Analisis Data	Penginapan	OH	3	650,000	1,950,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	12	75,000	900,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	17	250,000	4,250,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	120	17,500	2,100,000
Analisis Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	240	15,000	3,600,000
Bahan	ATK	Paket	1	1,790,000	1,790,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	2	2,550,000	5,100,000
Bahan	Barang Persediaan	Unit	3	3,500,000	10,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	Paket	1	1,500,000	1,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	Paket	1	1,500,000	1,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	11,500,000	11,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Paket	1	1,500,000	1,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	Paket	1	2,500,000	2,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	5	200,000	1,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	OH	5	300,000	1,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran	Biaya konsumsi rapat	OH	5	75,000	375,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Tambahan					
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	90	15,000	1,350,000
Pengumpulan Data	Tiket	OK (kali)	3	1,200,000	3,600,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	OH	3	500,000	1,500,000
Pengumpulan Data	Penginapan	OH	3	750,000	2,250,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	7	200,000	1,400,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	OH	7	300,000	2,100,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	8	150,000	1,200,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	Paket	15	150,000	2,250,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	15	350,000	5,250,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	20	75,000	1,500,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	240	12,000	2,880,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	OH/OR	240	8,000	1,920,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	480	12,000	5,760,000
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	Unit	1	1,500,000	1,500,000
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	Unit	2	850,000	1,700,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	3	3,500,000	10,500,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	OK (kali)	6	350,000	2,100,000

## 6. KEMAJUAN PENELITIAN

**A. RINGKASAN:** Tuliskan secara ringkas latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian.

Peningkatan bencana tanah longsor akibat tingginya intensitas hujan dan perubahan tata guna lahan, serta timbulnya korban jiwa akibat perilaku masyarakat yang tidak paham terhadap daerah yang rawan bencana. Intensitas curah hujan yang tinggi, durasi hujan singkat dan kondisi geologi setempat menyebabkan penurunan parameter kuat geser tanah yang menimbulkan longsor rombakan atau debris flow. Tingginya potensi bencana tanah longsor rombakan, terkait kondisi geologi perlu dilakukan kajian dan analisis yang tepat untuk mengetahui metode penilaian nilai angka aman dan jarak jangkauan longsor rombakan terhadap daerah permukiman. Penelitian dilakukan sekitar sisi Timur Kaldera Gunung Batur, yang mencakup Desa Abang Batudinding dan Desa Terunyan, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali.

Metodelogi terhadap kajian potensi longsor rombakan diawali dengan analisis hidrologi dengan data curah hujan harian tahun 2000-2016 untuk mengetahui intensitas hujan tertinggi dan durasi hujan dominan, selanjutnya dilakukan pengambilan sampel tanah dan sampel batuan pada lereng untuk selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium terhadap parameter kuat tanah dan batuan. Alat yang digunakan untuk penyelidikan

lapangan menggunakan peralatan Geolistrik, SPT dan pengamatan permukaan dengan drone. Analisis hidrologi dengan data curah hujan dan survey interpretasi terhadap singkapan lereng, analisis banjir rencana dan pemodelan DFLOWS dilakukan untuk mengetahui sebaran banjir bandang. Pemetaan ancaman longsor rombakan dengan menggunakan teknik-teknik Geographic Information System (GIS) dalam pedoman umum pengkajian risiko bencana (BNPB, 2012).

Kajian dan analisis penelitian mendapatkan metode analisis, intensitas curah hujan, durasi curah hujan dan jarak jangkuan longsor rombakan akibat dari kondisi geologi dan vegetasi wilayah, sebagai masukan untuk ilmu teknik sipil khususnya analisa stabilitas lereng dan model penilaian ancaman gerakan tanah yang komprehensif. Hasil ini dapat diterapkan diseluruh Indonesia pada kondisi geologi dan vegetasi yang sama. Luaran penelitian pada tahun ke 1 berupa metode dan analisis longsor rombakan dengan hasil angka aman jarak jangkuan longsor diterbitkan pada International Journal Of Civil Engineering And Technology, SJR Q3, ISSN: 0976 - 6316 tanggal 10 November 2019 serta dipublikasikan pada Konferensi Nasional Teknik Sipil 13, Banda Aceh, 19-20 September 2019 dan 2nd Warmadewa University International Conference On Architecture and Civil Engineering Design, Infrastructure, And Tourism Development 17 Oktober 2019, Widya Sabha Utama Warmadewa University Denpasar-Bali. Luaran tahun ke 2 adalah analisis dan metode penanggulangan bencana tanah longsor rombakan dengan menggunakan material lokal, luaran akan diterbitkan pada Jurnal International Review of Civil Engineering, ISSN 1451-4117 (printed), E-ISSN 1821-3197 (online) dan Buku Ajar berjudul: Stabilitas Lereng Tak Berhingga.

**B. KATA KUNCI:** Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

Longsor rombakan, Hidrologi, DFlows, Geopark Gunung Batur

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan seringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.



Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini. penjelasan di setiap poin.

**Laporan Hasil Penelitian Dasar  
(2019-2020)**

**Surat Keputusan Nomor 230/SP2H/LT/DRPM/2019 dan Perjanjian /  
Kontrak Nomor 0952/L8/KM/2019 KAJIAN DAN**

**ANALISIS ANCAMAN BENCANA T ANAH LONGSOR  
ROMBAKAN (DEBRIS FLOW) PADA LERENG GEOPARK  
BATUR**

**(Study Kasus di Desa Abang Batudinding dan Desa Terunyan)**

**Oleh:**

**I Nengah Sinarta, Putu Ika Wahyuni, Putu Aryastana**



**Universitas Warmadewa  
November, 2019**

## 1.1 Latar Belakang

Gerakan tanah (landslide) didefinisikan secara sederhana sebagai pergerakan masa tanah atau batuan dalam jumlah besar serta dalam waktu cepat, debris atau tanah menuju bagian bawah lereng (Cruden, 1991). Aliran Debris atau didalam berbagai literature disebut sebagai debris flow merupakan suatu terminologi kolektif dengan cakupan pengertian yang luas terhadap peristiwa pergerakan massa material debris secara gravitasi. Di dalam SNI 13-6982.2-2004, (2004) tentang pemeriksaan lokasi bencana gerakan tanah, gerakan tanah didefinisikan sebagai perpindahan material pembentuk lereng, berupa batuan, bahan timbunan, tanah, atau material campuran yang bergerak ke arah bawah dan keluar lereng. Pada kenyataan dilapangan banjir sedimen terjadi karena: a) sedimen yang mengendap di dasar alur sungai terangkut oleh limpasan pada saat banjir, 2) tebing lembah atau bukit yang runtuh atau longsor, dan 3) sabo dam, cekdam atau tembok penahan tanah yang runtuh.

Aliran bahan rombakan atau debris flow didefinisikan sebagai gerakan masa yang mengandung butiran-butiran material padat, air dan udara yang bergerak sebagai sebuah aliran yang bersifat kental (viscous flow), (Varnes, 1978 dalam Blijenberg, 2007). *Debris flow*, *debris avalanches* dan *earth flow* merupakan longsor tipe aliran yang mempunyai kekuatan menghancurkan dan kecepatan alir sangat besar. Banjir bandang (debris flow) adalah suatu aliran cepat yang merupakan campuran material bahan rombakan (debris) batuan atau lumpur. Aliran debris atau Banjir bandang merupakan bagian dari peristiwa alam yang sangat merusak dan mengancam kehidupan manusia. Setiap tahun di berbagai wilayah dunia, peristiwa pergerakan massa bahan rombakan (debris) ini telah banyak mencelakakan manusia, merusak berbagai fasilitas dan kekayaan manusia bahkan merusak lingkungan alam. Berbagai kegiatan penelitian maupun studi terhadap peristiwa aliran debris telah banyak dilakukan oleh para ilmuwan di Eropa, Amerika dan Asia terutama Jepang.

Proses aliran yang secara struktural merupakan campuran yang menyatu (*coherent mixture*) sedimen yang tidak semacam dapat diidentifikasi dalam berbagai terminologi yang seringkali membingungkan seperti *debris flow*, *mud flow*, *debris torrent*, *mud flood*, *debris avalanche*. Masalah penyebutan nomenklatur tersebut timbul pada umumnya disebabkan oleh banyaknya variasi proses geologi yang terkait dengan aliran campuran air dan sedimen tersebut tanpa batasan yang jelas antara satu dengan yang lain. Para ilmuwan Jepang pada umumnya kemudian memberikan pengertian pada aliran debris sebagai suatu tipe aliran dengan kandungan angkutan sedimen yang sangat besar, berbutir kasar, non-kohesif dan terdiri dari material berbutir kecil sampai besar seperti pasir, kerikil, bebatuan kecil dan batu-batu besar (*sand, gravel, cobbles, dan boulders*).

Untuk keperluan praktis di lapangan perlu dibedakan secara tegas terminologi masing-masing antara *debris flow* dengan *mud flow*. Ada yang mengklasifikasikan aliran debris dalam dua karakteristik yang berbeda yaitu aliran debris tipe berbatuan (*gravel type debris flow*) merupakan aliran debris yang mengandung banyak batu-batu besar dan aliran debris tipe lumpur (*mudflow type debris flow*) merupakan aliran debris dengan kandungan batu besar sedikit dan lebih didominasi oleh

kandungan pasir dan batu-batu kecil. Dalam Hardiyatmo, (2012), Broms (1975) membagi longsoran type aliran menjadi 4 yaitu; (1).Aliran tanah (earth flow), (2).Aliran lumpur/lanau (Mud flow), (3). Aliran debris (debris flow), (4). Longsoran aliran (flow slide).

Masyarakat Desa Abang Batudinding dan Desa Terunyan, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli menyebut aliran tersebut dalam Bahasa daerah sebagai *Blabar* dalam Bahasa Indonesia banjir bandang (*flash flood*) karena kecepatan alirannya dan datang secara tiba-tiba.

Pengendalian terhadap daya rusak aliran debris dengan usaha mitigasi bencana secara struktur dan non struktur. Pengendalian secara struktur memerlukan waktu dan dana yang tidak sedikit sehingga pengendalian secara non struktur lebih efektif sebagai pengetahuan dini agar masyarakat sadar bahwa daerahnya menjadi ancaman. Masyarakat Desa Abang Batudinding dan Desa Terunyan umumnya adalah penduduk asli yang berada di lereng Gunung Abang yang menjadi bagian dari wilayah kaldera Gunung Batur, sehingga sangat perlu diberikan pemahaman dan kesadaran akan bahayanya aliran debris, mulai dari pra bencana, saat bencana, dan pasca bencana meskipun daerah tersebut setiap musim hujan terjadi longsor.

Penelitian pernah dilakukan oleh Sinarta dkk (2016a) mengenai pemetaan ancaman gerakan tanah di Kabupaten Bangli mengatakan sebagian besar wilayah dalam zona batas bawah dan batas atas longsor, sedangkan potensi zona longsor terbanyak terjadi di Kecamatan Kintamani yaitu sekitar kaldera Gunung Batur dan lereng Gunung Abang dengan jumlah titik longsor 208 titik dan sebagian kecil berada sisi barat utara Kabupaten Bangli (Sinarta dkk, 2016b). Penanggulangan risiko bencana diawali dengan penilaian dan pemetaan risiko bencana. Pembelajaran terhadap masyarakat di daerah rawan bencana longsor dilakukan secara intensif agar mampu menilai secara visual ancaman terjadi (Sinarta dan Basoka, 2019).

Lokasi penelitian adalah bagian dari Geopark Gunung Batur berada di Kabupaten Bangli, yang terletak antara 115° 13'43", BT – 115° 27' 24" BT dan 8°08'30" LS - 8°3'07" LS. Posisinya berada di tengah-tengah Pulau Bali, sehingga merupakan satu-satunya kabupaten yang tidak memiliki pantai/laut. Secara fisik di bagian selatan Kabupaten Bangli merupakan daerah dataran rendah dan bagian utara merupakan pegunungan dengan obyek wisata adalah Danau Batur dan Gunung Batur. Kaldera Batur merupakan salah satu kaldera terindah di dunia, berukuran sekitar 13,8 × 10 km, dan struktur kaldera lainnya terbentuk di tengahnya dengan diameter 7,5 km. Puncak tertinggi Gunung Batur +1.717 m (Bemmelen, 1949). Morfologi kaldera Gunung Batur merupakan sebuah struktur runtuh berbentuk elips berukuran 13,8 × 10 km<sup>2</sup>, terbentuk sekitar 29.300 tahun lalu. Kaldera ini menghasilkan endapan piroklastik dasitik sebesar 84 km<sup>3</sup>, yang disebut "Ignimbrit Ubud". Kaldera Batur II merupakan sebuah struktur runtuh berbentuk lingkaran berdiameter 7,5 km, yang terbentuk sekitar 20.150 tahun lalu, dan menghasilkan endapan piroklastik dasitik 19km<sup>3</sup>, disebut "Ignimbrit Gunungkawi" (Sutawidjaja, 2009). Pada lereng Gunung Abang (Gambar 1.1) terdapat banyak permukiman seperti Desa Buah, Desa Abang Batu Dinding dan Desa Trunyan. Dalam Sinarta dkk., (2016), melakukan analisis stabilitas longsor menggunakan

Sinmap di daerah tersebut. Hasil analisis menunjukkan daerah ini termasuk ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor dan mendekati longsor dengan potensi gerakan tanah berupa aliran debris atau banjir bandang. Terhadap ancaman bencana aliran debris dilakukan di Dusun Dukuh, Dusun Abang Batudinding dan Desa Terunyan seperti pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

Banjir debris di Lereng Gunung Abang, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli ini telah menyebabkan banyak kerusakan pada fasilitas-fasilitas umum seperti prasarana transportasi, lahan pertanian dan tempat ibadah. Akibat bencana ini, berbagai instansi telah berupaya maksimal dalam rangka tanggap darurat bencana dengan memasang alat peringatan dini kerjasama pemerintah Kabupaten Bangli melalui BPBD dengan GAMA Ina-Tek, UGM.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Kondisi geologi merupakan satuan tufa dan breksi andesit yang menyusun sebagian besar daerah penelitian terbentuk pada jaman Pleistosen dengan penanggalan umur  $2,33 \pm 0,12$  juta tahun sampai  $0,77 \pm 0,06$  juta tahun, sangat mudah tererosi akibat hujan, (Sinarta dkk., 2016a). Sedangkan dinding kaldera batur bagian selatan dengan batuan penyusun berasal dari batuan gunung api Buyan-Bratan dan Batur (Qpbb) yang terdiri dari pasir batu sampai pasir kelanauan yang bersifat lepas dan porous. Kondisi tersebut tanah cenderung mudah lepas, sehingga dengan intensitas hujan sedang dengan frekuensi yang panjang akan menimbulkan gerakan tanah berupa banjir bandang. (Sinarta dan Sumanjaya, 2018), (Sinarta dkk., 2017).

Lereng Gunung Abang memiliki lereng yang cukup curam dengan vegetasi sebagian besar berupa semak belukar terdapat juga hutan yang diselingi dengan semak belukar. Beberapa jenis tanaman yang akarnya tidak cukup kuat untuk mengikat tanah ditanami sekitar kaldera digunakan

sebagai lahan pertanian dengan jenis tanaman antara lain tanaman kacang-kacangan, cabai, sayur-sayuran, coklat dan beberapa tanaman yang lain.

Kecamatan Kintamani khususnya kawasan kaldera Gunung Batur memiliki intensitas hujan harian tertinggi sebesar 125 mm/hari di analisis dalam durasi lima jam berpengaruh terhadap besarnya infiltrasi yang menyebabkan keruntuhan lereng. Semakin tinggi infiltrasi yang terjadi, terjadi perubahan tekanan air pori akan semakin besar dan durasi makin panjang menyebabkan genangan atau limpasan permukaan yang menyebabkan banjir bandang. Hasil penelitian pada lereng yang memiliki kemiringan sekitar 40°-45°, pengaruh infiltrasi sangat signifikan terhadap kestabilan lereng dari kondisi lereng masih kering atau steady state menuju jenuh, perubahan pada durasi 1 jam hujan sebesar 1.093 menjadi 1.060. Sementara itu pada kondisi lereng yang mendekati kondisi jenuh pada hujan jam ke 2 menuju jam ke 5, pengaruh infiltrasi yang terjadi sangat signifikan, yaitu menjadi dari 0,965 sampai 0,623 (Sinarta dan Sumanjaya, 2018).

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka analisa banjir pada Lereng Gunung Abang Desa Abang Batudinding dan Desa Terunyan Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangliini akan menyajikan hal yaitu:

1. Berapa besarnya debit rancangan banjir yang direncanakan dengan periode kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun, 1000 tahun pada daerah studi?
2. Berapa besarnya limpasan debris di bagian hulu Lereng Gunung Abang?
3. Bagaimana dimensi Sabo Dam yang direncanakan untuk pengendalian banjir pada Lereng Gunung Abang ?

### **1.4 Batasan Masalah**

Dengan melihat permasalahan di atas maka batasan masalah yang di ambil dalam studi ini adalah:

1. Studi ini dilakukan di kawasan Abang Batudinding dan Desa Terunyan
2. Analisa perhitungan debit air hujan menggunakan periode kala ulang 10 tahun.
3. Menganalisa debit yang mengalir pada Lereng Gunung Abang
4. Merencanakan bangunan pengendalian banjir dengan menggunakan bangunan sabo dam

### **1.5 Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud dan tujuan dari pekerjaan "Pengendali Banjir Sedimen di Kawasan Abang Batudinding dan Desa Terunyan di Kabupaten Lombok Timur" ini adalah;

Maksud perencanaan ini adalah:

4. Untuk penanggulangan aliran sedimen secara efektif, efisien dan terarah.
5. Untuk mengarahkan dan mengendapkan aliran debris menuju tempat yang aman dan mengurangi limpasan debris.

Tujuan perencanaan ini:

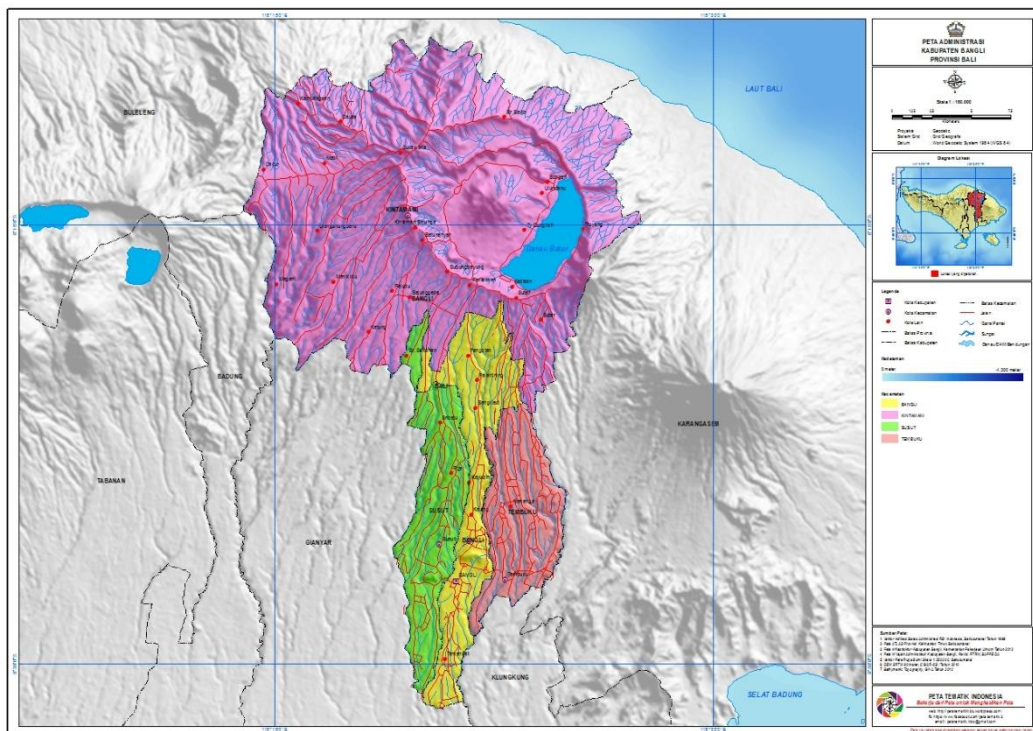
1. Untuk menganalisis debit banjir rancangan
2. Untuk menganalisis debit banjir debris
3. Untuk merencanakan Sabo Dam

### 1.5 Lokasi Penelitian

Secara astronomi Kabupaten Bangli terletak antara 115° 13' 43'' BT - 115° 27' 24'' BT dan 8° 08' 30'' LS - 8° 31' 07'' LS dengan batas wilayah:

- Sebelah Barat : Kabupaten Badung dan Kabupaten Gianyar
- Sebelah Timur : Selat Karangasem
- Sebelah Utara : Kabupaten Buleleng
- Sebelah Selatan : Kabupaten Gianyar dan Kabupaten Klungkung

Luas wilayah Kabupaten Bangli adalah 520,8 km<sup>2</sup>, atau 9,24% dari luas Pulau Bali.



Gambar 1.2 Lokasi Penelitian Kabupaten

## 2.1 Analisa Hidrologi

Menurut (Sri Harto, 1993), secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung didalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum ada informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisis untuk menentukan berbagai sifat dan besaran hidrauliknya. Demikian pula pada dasarnya bangunann-bangunan tersebut harus dirancang berdasar suatu patokan perancangan yang benar, yang diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan. Pengertian memuaskan dalam hal ini adalah bahwa bangunan hidraulik tersebut harus dapat berfungsi baik struktural maupun fungsional dalam jangka waktu yang ditetapkan.

Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.
2. Menentukan luas pengaruh daerah stasiun –stasiun hujan.
3. Menentukan curah hujan maksimum harian rata-rata DAS dari data curah hujan yang ada.
4. Pengukuran dispersi.
5. Pemilihan jenis sebaran.
6. Uji kecocokan sebaran yang digunakan.
7. Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.
8. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

Dalam Analisis hidrologi data curah hujan yang digunakan untuk analisis tidak selamanya tercatat sehingga jika ada data curah hujan yang hilang dilakukan analisis perbaikan data.

### A. Perbaikan data

Pengukuran hujan sering dialami dua masalah. Permasalahan pertama adalah tidak tercatatnya data hujan karena rusaknya alat atau pengamat tidak mencatat. Data yang hilang diisi dengan nilai perkiraan. Masalah kedua adalah karena adanya perbuahan kondisi di lokasi pencatatan selama satu periode pencatatan, seperti pemindahan atau perbaikan stasiun. Data hujan yang hilang di suatu stasiun dapat diisi dengan nilai perkiraan berdasar data dari dua atau lebih sebih stasiun terdekat. Adapun metode yang digunakan untuk mengisi data yang hilang yaitu sebagai berikut :

- Metode perbandingan normal (*normal ratio method*)

Data yang hilang diperkirakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{P_x}{N_x} = \frac{1}{n} \left( \frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \dots + \frac{P_n}{N_n} \right) \quad (2-1)$$

Dengan :

$P_x$  = hujan yang hilang di stasiun x



P1,P2, Pn = data hujan di stasiun sekitarnya pada periode sama

Nx = hujan tahunan di stasiun x

N1,N2,Nn = hujan tahunan di stasiun sekitar x

n = jumlah stasiun hujan sekitar x

- *Reciprocal Method*

Cara ini lebih baik karena memperhitungkan jarak antar stasiun (Li), seperti diberikan oleh bentuk sebagai berikut :

$$Px = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{pi}{Li^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Li^2}} \quad (2-2)$$

Dengan :

Px = hujan yang hilang di stasiun x

Pi = data hujan di stasiun sekitarnya pada periode sama

Li = jarak antara stasiun sekitarnya ke stasiun x

## 2.2 Analisis Curah Hujan

Menurut (Suripin 2004) hujan adalah kejadian alam yang tidak dapat diprediksi secara pasti seberapa besar hujan yang akan terjadi pada suatu periode waktu. Analisis curah hujan di perlukan dalam mendapatkan hasil perencanaan yang memadai. Yang harus dipahami bersama bahwa kualitas pendugaan akhir hidrologi sangat bergantung pada data dasar yang dipakai dalam perhitungan.

### 2.2.1 Curah Hujan Bulanan

Data yang tercatat pada stasiun pencatat hujan adalah merupakan hujan titik (*point rainfall*). Menurut (Suripin 2004) dalam analisis selanjutnya yang perlu diketahui adalah besarnya hujan rerata daerah. Untuk menghitung rerata daerah aliran sungai dalam analisa hidrologi dikenal beberapa metode yaitu :

1. Rata-Rata Aljabar
2. Metode Poligon Thiessen
3. Ishohyet

Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung hujan rerata daerah yaitu metode Polygon Thiessen. Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*)

Persamaan umum yang digunakan adalah :

$$P = \frac{P1.A1+P2.A2+P3.A3+ \dots +Pn.An}{A1+A2+A3+ \dots +An} = \sum_{i=1}^n \frac{PiAi}{Ai} \quad (2-3)$$

Dimana :

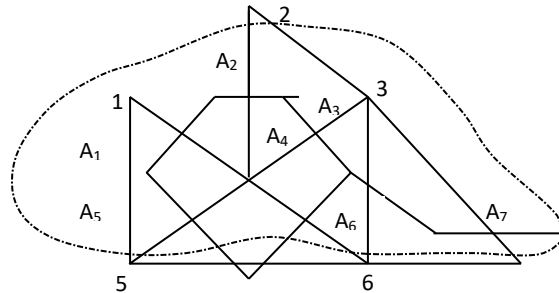
p = Tinggi curah hujan

P1,P2,P3,...Pn = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...,n

A1,A2,A3,...An = Luas area polygon 1,2,3,...,n

Hasil metode polygon thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar karena cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak.

Gambar 2.1 Peta Analisa Poligon Thiessen



Sumber: Triatmodjo, 2017

### 2.2.1 Curah Hujan Rancangan

Menurut (Suripin 2004), data curah hujan sangat diperlukan dalam setiap analisis hidrologi, terutama untuk menghitung debit banjir rencana baik secara empiris maupun model sistematis. Hal tersebut disebabkan karena tidak adanya data debit. Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu.

Metode analisis hujan rancangan tersebut pemilihannya sangat tergantung dari kesesuaian parameter statistik dari data yang bersangkutan, atau dipilih berdasarkan pertimbangan teknis-teknis lainnya. Data curah hujan yang dipergunakan untuk Sungai Intermitten adalah Stasiun Hujan Besakih, Stasiun Hujan Kintamani, Stasiun Hujan Kubu dan Stasiun Hujan Kerta dengan periode pengamatan tahun 2008 sampai dengan 2018. Perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan analisis frekuensi yang biasa dipakai di Indonesia yaitu Metode Gumbel, Metode Log Pearson Type III, Normal, Log Normal.

#### A. Metode E.J. Gumbel

Metode E. J. Gumbel dengan persamaan sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + s \cdot K \quad (2-4)$$

dengan:

$X$  = Variate yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang  $T$  tahun

$\bar{X}$  = Harga rerata dari data

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2-5)$$

$s$  = Standard Deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2-6)$$

$K$  = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang (return periode) dan tipe distribusi frekuensi.

Untuk menghitung faktor frekuensi E. J. Gumbel Type I digunakan rumus :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

dengan:

$$Y_t = \text{Reduced variate sebagai fungsi periode ulang } T \text{ (th)} \\ = -\ln [-\ln \{(T - 1) / T\}]$$

$$Y_n = \text{Reduced mean sebagai fungsi dari banyak data } n$$

$$S_n = \text{Reduced standard deviasi fungsi dari banyaknya data } n$$

Dengan mensubstitusikan ketiga persamaan diatas diperoleh :

$$X = \bar{X} + \frac{s}{S_n} (Y_t - Y_n) \quad (2-7)$$

Jika :

$$\frac{1}{a} = \frac{s}{S_n} \quad b = \bar{X} - \frac{s}{S_n} \bar{Y}_n$$

Persamaan diatas menjadi :

$$X = b + \left(\frac{1}{a}\right) \cdot Y_t \quad (2-8)$$

Tabel 2.1 Reduced Variate Sebagai Fungsi Waktu Balik

$$Y_T = -\ln [-\ln \{(T-1)/T\}]$$

Tr (Tahun)	Reduced Variate (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2958
500	6,2136

Sumber : Suripin, (2004)

#### B. Metode Log Pearson Type III

Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi Log Pearson Type III adalah dengan mengkonversikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis (Suripin 2004).

Nilai rerata :

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (2-9)$$

Simpangan baku :

$$s = \left[ \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^2}{n-1} \right]^{0,5} \quad (2-10)$$

Koefisien kemencengan :

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2-11)$$

Logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T, dengan rumus:

$$\text{Log } X_T = \log X + K \cdot s \quad (2-12)$$

Faktor frekuensi K diperoleh dari table untuk setiap Cs positif atau negative seperti pada

Tabel 2.2 dan Tabel 2.3

Table 2.2 Faktor Frekuensi K Untuk Distribusi Log Pearson Type III  
Koefisien Asimentri Cs Positif

Return Periode in Year								
Skew	2	5	10	25	50	100	200	1000
Koefisien	Exceedence probability							
Cs or Cw	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005	0,001
3	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,150
2,9	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909	7,030
2,8	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847	6,920
2,7	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,097	3,932	4,783	6,790
2,6	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718	6,670
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,550
2,4	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584	6,420
2,3	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515	6,300
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,97	3,705	4,454	6,170
2,1	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372	6,040
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,9	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223	5,780
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,640
1,7	-0,268	0,66	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069	5,510
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,990	5,370
1,5	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910	5,230
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,100
1,3	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745	4,960
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,810
1,1	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575	4,670
1	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,530
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,390
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312	4,240
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,100
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,810
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,520
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,230
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090

Sumber : Chow, Applied Hydrology:392

Table 2.3 Faktor Frekuensi K Untuk Distribusi Log Pearson Type III

Koefisien Asimetri Cs negatif

Return Periode in Year								
Skew	2	5	10	25	50	100	200	1000
Koefisien	Exceedence probability							
Cs or Cw	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005	0,001
0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,064	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,670
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,530
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,270
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,140
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,020
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,900
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,790
-1,1	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581	1,168
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,580
-1,3	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424	1,480
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,390
-1,5	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282	1,310
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,240
-1,7	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155	1,170
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,110
-1,9	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044	1,050
-2	0,307	0,777	0,896	0,969	0,980	0,990	0,996	1,000
-2,1	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949	0,950
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,906	0,907	0,910
-2,3	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869	0,870
-2,4	0,351	0,725	0,796	0,823	0,830	0,832	0,833	0,833
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,800
-2,6	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769	0,770
-2,7	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741	0,740
-2,8	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714	0,714
-2,9	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690	0,690
-3	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,670

Sumber : Chow, Applied Hydrology:392

C. Metode Normal

Sebaran normal banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Sebaran normal atau kurva normal disebut pula sebaran Gauss (Suripin 2004),. *Probability Density Function* dari sebaran normal adalah :

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} \quad -\infty < X < +\infty \quad (2-13)$$

Dimana :

$P(X)$  = nilai logaritmik dari X atau log (X)

$\pi$  = 3,14156

$e$  = 2,71828

X = variabel acak kontinu

$\mu$  = rata-rata nilai X

$\sigma$  = deviasi standar nilai X

Untuk analisis kurva normal cukup menggunakan parameter statistic  $\mu$  dan  $\sigma$ . Bentuk kurvanya simetris terhadap  $X = \mu$  dan grafiknya selalu di atas sumbu datar X, serta mendekati (berasimtot) sumbu datar X, dimulai dari  $X = \mu + 3\sigma$  dan  $X - 3\sigma$ . Nilai mean = modus = median. Nilai X mempunyai batas  $-\infty < X < +\infty$ .

Luas dari kurva normal selalu sama dengan satu unit, sehingga :

$$P(-\infty < X < +\infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} dx = 1,0 \quad (2-14)$$

Untuk menentukan peluang nilai X antara  $X = x_1$  dan  $X = x_2$  adalah :

$$P(X_1 < X < X_2) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} dx \quad (2-15)$$

n nilai rata-rata  $\mu = 0$  dan deviasi standar

$\sigma = 1,0$ , maka Persamaan 2-13 dapat ditulis

sebagai berikut :

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}t^2} \quad (2-16)$$

dengan :

$$t = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (2-17)$$

Tabel 2.4 menunjukkan wilayah luas di bawah kurva normal, yang merupakan luas dari bentuk kumulatif (*cumulative form*) dan sebaran normal.

Table 2.4 Wilayah Luas Di bawah Kurva Normal

1	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0030	0,0029	0,0028
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0094	0,0089
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,01119	0,0116
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,711	0,1685	0,1660
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9891	0,9884
2,3	0,9893	0,9896	0,9896	0,9901	0,999904	0,999906	0,9909	0,9911

2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989

Sumber : Suripin, 2004

D. Metode Log Normal

Jika variable  $Y = \text{Log } X$  terdistribusi secara normal, maka  $X$  dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. PDF (*probability density function*) untuk distribusi Log Normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{X\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(Y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right] \quad X > 0 \quad (2-18)$$

Keterangan :

$P(X)$  = peluang Log Normal

$X$  = nilai variat pengamatan

$\mu_y$  = nilai rata-rata populasi

$\sigma_y$  = deviasi standar nilai variat  $Y$

Apabila nilai  $P(X)$  digambarkan pada kertas, maka peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan :

$$Y_T = \mu + KT\sigma \quad (2-19)$$

Yang dapat didekati dengan :

$$YT = Y + KTS \quad (2-20)$$

$$KT = \frac{YT-Y}{S} \quad (2-21)$$

Keterangan:

$YT$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  $T$ - tahunan

$Y$  = nilai rata-rata hitung variat

$S$  = deviasi standar nilai variat

$KT$  = factor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe modal matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Table 2.5 Standard Variable ( $K_t$ ) untuk Metode Sebaran Log Normal

T (Tahun)	$K_t$	T (Tahun)	$K_t$	T (Tahun)	$K_t$
1	-1.86	20	1.89	90	3.34
2	-0.22	25	2.1	100	3.45
3	0.17	30	2.27	110	3.53



4	0.44	35	2.41	120	3.62
5	0.64	40	2.54	130	3.7
6	0.81	45	2.65	140	3.77
7	0.95	50	2.75	150	3.84
8	1.06	55	2.86	160	3.91
9	1.17	60	2.93	170	3.97
10	1.26	65	3.02	180	4.03
11	1.35	70	3.08	190	4.09
12	1.43	75	3.6	200	4.14
13	1.5	80	3.21	221	4.24

Sumber : Soemarto,1999

### 2.2.3 Pemilihan Distribusi Frekuensi

Penentuan jenis distribusi frekuensi diperlukan untuk mengetahui suatu rangkaian data cocok untuk suatu sebaran tertentu dan tidak cocok untuk sebaran lain. Untuk mengetahui kecocokan terhadap suatu jenis sebaran tertentu, perlu dikaji terlebih dahulu ketentuan-ketentuan yang ada, yaitu :

- Hitung parameter-parameter statistic Cv Cs dan Ck, untuk menentukan macam analisa frekuensi yang dipakai.
- Koefisien *varians* (Cv) dihitung dengan persamaan :

$$Cv = \frac{S_d}{\bar{x}} \quad (2-22)$$

- Koefisien kepencengan/*skewness* (Cs) dihitung dengan persamaan :

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \quad (2-23)$$

- Koefisien kepuncakan/*curtosis* (Ck) dihitung dengan persamaan :

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \quad (2-24)$$

Dimana :

n = Jumlah data

X = Rata-rata data hujan (mm)

S = Simpang baku (standard deviasi)

X = Data Hujan (mm)

Pemilihan Sebaran Distribusi

Table 2.6 Pemilihan Sebaran Distribusi

No.	Sebaran	Syarat
1.	Normal	Cs = 0
2.	Log Normal	Cs = 3Cv
3.	Gumbel	Cs = 1,1396 Ck = 5,4002
4.	Bila tidak ada yang memenuhi syarat digunakan sebaran Log-Person type III	

Sumber : Triatmodjo, 2008

#### 2.2.4 Distribusi Curah Hujan

Dalam studi ini, di perhitungkan kemungkinan curah hujan tiap jamnya, dihitung dengan menggunakan rumus Dr. Mononobe, sebagai berikut :

(Suyono :45 : 1989)

$$Rt = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (2-25)$$

Dengan :

Rt = Distribusi hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = waktu curah hujan (jam)

#### 2.2.5 Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pengujian menggunakan 2 metode, yaitu :

1. Uji Chi-kuadrat
2. Uji Smirnov-Kolmogorov

##### A. Uji Chi-Kuadrat

Langkah-langkah penyelesaian:

- Diketahui banyaknya jumlah data (n)
- Tingkat kesalahan yang diambil (a) sebesar 5%
- Menentukan jumlah kelas distribusi dengan menggunakan rumus :

$$K = 1 + 3,332 \log n \quad (2-26)$$

- Tentukan lebar kelas interval dengan rumus:

$$\frac{(\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil})}{\text{banyaknya interval kelas}} \quad (2-27)$$

Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $\chi^2$ , yang dapat dihitung dengan rumus :

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2-28)$$

dimana :

$\chi_h^2$  = Parameter chi-kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O<sub>i</sub> = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E<sub>i</sub> = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

K = Jumlah kelas

N = Jumlah data

Derajat bebas (number of degrees of freedom)

$$Dk = K - h - 1 \quad (2-29)$$

Dimana : h = jumlah parameter = 2

Interprestasi hasil uji adalah sebagai berikut :

- Apabila peluang lebih lama dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
- Apabila peluang berada diantara 1-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, diperlukan tambahan data.

Peluang untuk mencapai  $\chi_h^2$  sama atau lebih besar dari nilai chi-kuadrat sebenarnya ( $\chi^2$ ) dapat dilihat pada tabel 2.7

Syarat agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima yaitu harga  $\chi_h^2 < \chi^2$

Table 2.7 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat

dk	( $\alpha$ ) derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.879
3	0.072	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.448	11.143	13.277	14.860
5	0.421	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.712	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.891
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.821	6.908	7.962	26.269	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	8.034	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.643	8.897	10.238	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.698	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.936	49.645

Sumber: Suripin, 2004

B. Uji Smirnov-Kolmogorov

Langkah-langkah penyelesaian:

- Urutkan data curah hujan dari kecil ke besar (atau sebaliknya)
- Probabilitas dihitung dengan persamaan Weibull sebagai berikut:

$$p = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-30)$$

dimana:

- p = Probabilitas
- m = Nomor urut data yang telah disusun
- n = Jumlah data

- Plot pada Xi dan Probabilitas
- Plot persamaan analisis frekuensi yang sesuai

Pengujian ini digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi pengamatan dan teoritisnya, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta_{\max} = P_e - P_t \quad (2-31)$$

dimana:

$\Delta_{\max}$  = selisih maksimu antara peluang empiris dan peluang teoritis

$P_e$  = peluang empiris/pengamatan

$P_t$  = peluang teoritis

- Berdasarkan table nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test) tentukan harga  $\Delta\alpha$  dari Tabel 2.8

Syarat agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima yaitu harga  $\Delta_{\max} < \Delta\alpha$ .

Table 2.8 Nilai Kritis  $\Delta\alpha$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan, $\alpha$			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber : Suripin, 2004

## 2.3 Analisis Debit Banjir

Analisis debit banjir rancangan merupakan suatu analisa untuk mengetahui besarnya debit banjir yang terjadi (Suripin 2004). Banjir rencana adalah debit maksimum disungai atau saluran alamiah dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan stabilitas bangunan.

Berdasarkan analisis curah hujan rencana dari data curah hujan harian maksimum dapat dihitung besarnya debit banjir rencana dengan kata ulang 1,2,5,10,25,50,100,200,dan kata ulang 1000 tahun .

### 2.3.1 Debit Banjir Rancangan

#### A. Koefisien pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variable yang didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yng jatuh didaerah tersebut.

Adapun kondisi dan karakteristik yang dimaksud adalah :

1. Keadaan Hujan
2. Luas dan Bentuk daerah aliran
3. Kemiringan daerah alirandan kemiringan dasar sungai
4. Daya infiltrasi dan perlokasi tanah
5. Kebasahan tanah
6. Suhu udara dan angina serta evaporasi
7. Tata guna lahan

Koefisien pengaliran yang disajikan pada tabel berikut, didasarkan dengan suatu pertimbangan bahwa koefisien sangat tergantung pada factor – factor fisik.

Table 2.9 Angka Koefisien Pengaliran

Kondisi DAS	Koefisien Pengaliran (C')
Pegunungan curam	0,75 - 0,90
Pegunungan tersier	0,70 - 0,80
Tanah berelief berat dan berhutan kayu	0,50 – 0,75
Dataran pertanian	0,45 - 0,60
Dataran sawah irigasi	0,70 - 0,80
Sungai di pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai di dataran rendah	0,45 - 0,75

Sumber : Sosrodarsono (1980)

DAS Sungai Intermitten ini merupakan sungai dengan sebagian kondisi DAS berupa sungai beada di dataran tinggi. Dengan kondisi alam demikian maka koefisien pengaliran Sungai Intermitten diambil berkisar antara 0,75-0,85.

#### B. Hujan Netto

Hujan Netto adalah hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run – off*). Limpasan langsung ini terdiri atas limpasan permukaan (*surface run – off*) dan air yang masuk kedalam lapisan tipis dibawah permukaan tanah dengan permeabilitas rendah, yang keluar lagi di

tempat yang lebih rendah dan berubah menjadi limpasan permukaan (*interflow*). Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu, maka hujan netto ( $R_n$ ) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R_n = C \times R \quad (2-29)$$

dengan :

$R_n$  = Hujan netto

$C$  = Koefisien limpasan

$R$  = Intesitas curah hujan

Adapun koefisien limpasan yang disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Table 2.10 Koefisien limpasan

No	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1.	Bisnis	
	▪ Perkotaan ▪ Pinggiran	0,70 – 0,95 0,50 – 0,70
2.	Perumahan	
	▪ rumah tunggal	0,30 – 0,50
	▪ multiunit terpisah, terpisah	0,40 – 0,60
	▪ multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	▪ perkampungan ▪ apartemen	0,25 – 0,40 0,50 – 0,70
3	Industri	
	▪ ringan ▪ berat	0,50 – 0,80 0,60 – 0,90
	Perkerasan	
	▪ aspal dan beton ▪ batu bata, paving	0,70 – 0,95 0,50 – 0,70
	Atap	0,75 – 0,95
	Halaman, tanah berpasir	
	datar 2% rata-rata 2 – 7% curam 7%	0,05 – 0,10 0,10 – 0,15 0,15 – 0,20
	Halaman tanah berat	
	datar 2% rata-rata 2 – 7% curam 7%	0,13 – 0,17 0,18 – 0,22 0,25 – 0,35
	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
	Hutan	
	datar, 0 – 5% bergelombang, 5 – 10% berbukit 10 – 30%	0,10 – 0,40 0,25 – 0,50 0,30 – 0,60

Sumber : Suripin (2003)

### 2.3.2 Hidrograf Satuan

Untuk menentukan hidrograf satuan Daerah Aliran Sungai Intermitten akan dipergunakan metode HSS Nakayasu.

Penggunaan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, diperlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time to peak magnitude*).
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time long*).
3. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*).
4. Luas daerah aliran
5. Panjang aluran sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*).
6. Koefisien pengaliran

Persamaan umum hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut (Soemarto 1987), dan doreksi untuk nilai waktu puncak banjir dikalikan 0,75 dan debit puncak banjir dikalikan 1,2 untuk penyesuaian dengan kondisi di Indonesia.

Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah :

$$Q_p = \frac{1,2 \times A \times R_o}{3,6 \times (0,3TP + T_{0,3})} \quad (2-32)$$

Dengan

QP = Debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/dt)

Ro = Hujan satuan (mm)

TP = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

T0,3 = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak

Untuk menentukan Tp dan T0,3 digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$TP = T_g + 0,8 Tr \quad (2-33)$$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g \quad (2-34)$$

Tg adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir

Tg dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- Sungai dengan panjang lebih dari 15 km, maka

$$T_g = 0,40 + 0,058 L \quad (2-35)$$

- Sungai dengan panjang kurang dari 15 km, maka

$$T_g = 0,21 L^{0,70} \quad (2-36)$$

dimana :

Tr = satuan waktu hujan (1 jam)

- Untuk daerah pengaliran biasa  $\alpha = 2$
- Untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat  $\alpha = 1,5$
- Untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat  $\alpha = 3$

Persamaan satuan hidrograf adalah :

- Pada waktu naik

$$0 < t \leq T_p$$

$$Q_t = Q_{maks} \times \left[ \frac{t}{T_p} \right]^{2,4} \quad (2-37)$$

- Pada kurva turun

$$\text{➤ } 0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p}{T_{0,3}} \quad (2-38)$$

$$\text{➤ } (T_p + T_{0,3}) \leq (T_p + T_{0,3} + T_{0,3}^2)$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \quad (2-39)$$

$$\text{➤ } t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p + 1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \quad (2-40)$$

Rumus diatas merupakan rumus empiris, oleh karena itu dalam penerapannya terhadap suatu daerah aliran harus didahului dengan pemilihan parameter – parameter yang sesuai dengan Tp, a dan pola distribusi hujan agar didapatkan suatu pola hidrograf yang mendekati dengan hidrograf banjir yang diamati.

## **2.4 Perencanaan Sabo DAM**

Sabo Dam adalah bangunan melintang sungai yang berfungsi menampung dan menahan sedimen dalam jangka waktu sementara atau tetap dan harus tetap melewatkan aliran air baik dari mercu atau lubang drainase. Dari beberapa buku, karya ilmiah dan studi-studi yang telah dilakukan dalam usaha pengendalian sedimen di sungai yang berlokasi di beberapa daerah, maka dapat diambil cara dan dasar-dasar dalam perencanaan bangunan pengendali sedimen atau sabo dam, yaitu meliputi:

### **2.4.1 Pemilihan Lokasi**

Mengingat fungsi dari sabo dam, maka dalam pemilihan lokasi harus dipilih yang terbaik dari beberapa calon lokasi pada peta topografi serta survei ke lapangan dimana sabo dam akan dibangun. Sehingga nantinya dapat di pertanggungjawabkan dari segi teknis maupun social ekonomi, pertimbangan- pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi adalah meliputi :

#### **1. Pertimbangan Teknik**

Dalam pertimbangan teknik ini lokasi sabo dam dipilih pada kondisi:

- Penampang sungai yang sempit, sehingga bangunan sabo dam tidak panjang.
- Palung sungai yang dalam, sehingga konstruksi memiliki volume tampungan sedimen yang besar.
- Tanah dasar sungai cukup kuat sebagai pondasi, sehingga bangunan aman terhadap gaya-gaya yang bekerja terutama terjadinya penurunan yang tidak seragam sehingga keadaan geologi dasar sungai perlu dan mutlak untuk diketahui.
- Tersedianya material yang ada di lokasi, kemungkinan pengangkutan material dari luar dan jarak pencapaian lokasi, panjang jalan masuk (*Inspection*) dan untuk pemilihan tipe konstruksi yang direncanakan.

#### **2. Pertimbangan Sosial Ekonomi**

Dengan dipilihnya lokasi berdasarkan pemilihan di atas maka biaya pembangunan relative murah. Selain itu diharapkan agar dengan dibangunnya sabo dam tersebut masyarakat di sekitar lokasi pembangunan mendapatkan kesempatan untuk memperoleh lapangan pekerjaan secara terbuka baik pada saat pelaksanaan pembangunan maupun setelah bangunan selesai dibangun.

### **2.4.2 Pemilihan Tipe Sabo Dam**

Terdapat dua tipe sabo dam yaitu tipe Open dan Tipe Close, dimana dalam pemakaiannya kedua tipe tersebut dipilih berdasarkan pada jenis sedimen yang akan dikendalikan. Tipe Open



biasanya digunakan untuk mengendalikan sedimen dengan diameter yang besar atau sedimen akibat letusan gunung dan aliran debris yang mengangkut batu-batuan, umumnya dibangun di daerah hulu sungai terutama pada alur sungai yang kemiringan dasar sungainya besar. Sedangkan Tipe Close adalah untuk mengendalikan sedimen dengan diameter kecil atau pasir (*sand*), biasanya dibangun di daerah hilir sungai atau di hilir bangunan pengendali sedimen lain.

### 2.4.3 Data Kelengkapan Perencanaan

Adapun kelengkapan data yang diperlukan berupa data primer maupun sekunder yang telah dianalisis dengan baik dan benar.

#### A. Data Hidrologi

Data hidrologi digunakan untuk menghitung besarnya debit banjir rancangan yang terjadi di lokasi sabo dam, untuk itu diperlukan data curah hujan harian maksimum pada stasiun pengamatan curah hujan yang berpengaruh.

#### B. Data Sedimentasi

Data untuk menghitung besarnya sedimentasi diperoleh dalam bentuk data dan peta yaitu data hujan untuk perhitungan faktor erosifitas, peta indeks pengelolaan tanaman dan konservasi tanah, peta indeks erodibilitas tanah dan peta faktor panjang lereng dan kemiringan lereng. Data-data tersebut untuk digunakan perhitungn laju sedimentasi menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (*USLE*).

## 2.5 Bagian Struktur Sabo Dam

### 2.5.1 Dimensi Peluap

#### A. Lebar Peluap

Lebar peluap diharapkan mampu mengalirkan debit banjir direncanakan. Secara sederhana lebar pelimpah dapat dihitung berdasarkan teori Regime, sebagai berikut :

$$\beta_1 = \alpha \cdot Q_p^{1/2}$$

dengan:

$\beta_1$  = Lebar Pelimpah (m)

$\alpha$  = Koefisien Debit (0,6 – 0,66)

$Q_p$  = Debit banjir rencana + sedimen (12% dari debit banjir rencana dalam m<sup>3</sup>/detik)

Adapun besarnya nilai  $\alpha$  dapat diketahui pada tabel berikut :

Tabel 2.11 Besarnya nilai  $\alpha$  berdasarkan luas daerah aliran

Luas Daerah Aliran ( km <sup>2</sup> )	Nilai $\alpha$
A < 1	2 – 3
1 ≤ A ≤ 10	2 – 4

$10 \leq A \leq 100$	3 – 5
$A > 100$	5 – 6

Sumber : Sabo Design VSTC

### B. Kedalaman Pelimpah (h)

Kedalaman pelimpah dihitung berdasarkan rumus Weir.

$$Q_p = \frac{2}{15} * C \sqrt{2g} * (3B_1 + 2B_2) h_3^{\frac{3}{2}} \quad (2-41)$$

dengan:

$Q_p$  = Debit banjir rencana termasuk sedimen (m<sup>3</sup>/detik)

C = Koefisien debit (0,6 – 0,66)

g = Percepatan gravitasi (9,8m<sup>2</sup>/dt)

$B_1$  = Lebar pelimpah bawah (m)

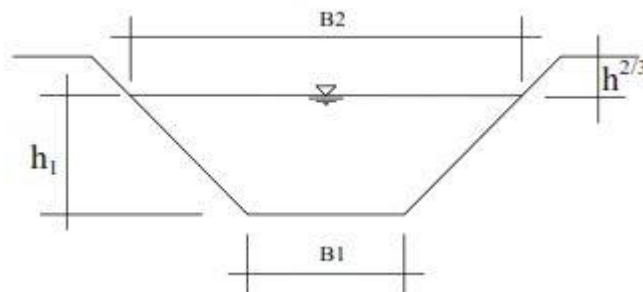
$B_2$  = Lebar permukaan air (m)

$h_3$  = tinggi muka air di atas pelimpah (m)

$h^{3/2}$  = tinggi jagaan (m)

Apabila kemiringan tepi peluap telah direncanakan besarnya 0,5 maka rumus di atas menjadi :

$$Q_p = (0,71 \cdot h_3 + 1,77 \cdot B_1) h_3^{\frac{3}{2}} \quad (2-42)$$



Gambar 2.2 Gambar Penampang Melintang Peluap

Sumber: Sabo Design VSTC

### C. Tinggi Jagaan/ Free Board ( $h_3'$ )

Menurut standart Channeled Work, tinggi jagaan dapat diketahui pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.12 Tinggi jagaan menurut standard Channeled Work

Debit (Q) m <sup>3</sup> /detik	Jagaan (h3') m
< 200	0.60
200 – 500	0.80
> 500	1.00

Sumber : Sabo Design VSTC

### 2.5.2 Dimensi Sayap

#### A. Kemiringan Sayap Dam

Sayap dam sebaiknya direncanakan agar tidak terlampaui oleh aliran air, sebab jika ini terjadi maka, akan mengakibatkan terjadinya gerusan pada tebing kanan atau kiri sungai serta merusak *side wall* dan sub dam. Untuk itu sayap sabo dam direncanakan sebagai sayap yang tidak terlampaui oleh banjir dan mempunyai kemiringan ke arah kedua sisinya.

#### B. Lebar Sayap Dam

Lebar mercu sayap biasanya, diambil sama dengan lebar mercu peluap atau sedikit lebih sempit. Lebar mercu sayap harus aman terhadap gaya-gaya luar, khususnya untuk sabo dam yang dibangun di daerah di mana terjadi aliran debris. Untuk itu perlu diteliti keamanan sayap terhadap tegangan yang disebabkan oleh tumbukkan batu-batuan pada saat terjadi aliran debris maka perlu dipertimbangkan untuk menambah lebar sayap atau memasang tembok pelindung di bagian hulunya.

#### C. Menaikkan Sayap Dam

Bila menempatkan, sabo dam pada alur sungai yang membelok, tinggi sayap ada sisi luar belokan harus dinaikkan sehingga lebih tinggi daripada sayap pada belokkan dalam karena muka air akan naik di belokkan luar pada saat banjir.

#### D. Penetrasi Sayap Dam

Tebing sungai di dekat sayap akan sering tergerus oleh banjir, sehingga sayap harus cukup dalam masuk ke tebing. Pada kasus dimana, tebing terdiri dari pasir dan kerikil perlu dibuat bangunan penahan tanah untuk mencegah erosi tebing dekat sayap.

### 2.5.3 Dimensi Main Dam

#### A. Tinggi Main Dam

Tinggi main dam ditentukan berdasarkan beberapa aspek dan pertimbangan yaitu:

1. Geologi
2. Sedimentasi
3. Tampungannya sediment
4. Kegiatan, efektif dan factor ekonomis
5. Keadaan topografi lokasi pembangunan

#### B. Ketebalan Mercu Main Dam

Mercu harus cukup kuat untuk menahan pukulan dan gerusan sediment yang melewatinya, tebal pelimpah dapat dihitung dengan rumus:

$$b_i = \frac{n}{2.4} \times \left\{ (0.06 \times V^2) + H + \left( \frac{d_i}{2} \right) \right\} \quad (2-43)$$

$$H = h_3 + \frac{V^2}{2g} \quad (2-44)$$

dengan:

$b_i$  = Tebal mercu pelimpah (m)

$n$  = Angka keamana (diambil = 2)

$V$  = Kecepatan rata-rata aliran diatas ambang pelimpah

$d_i$  = Tebal gerusan di belakang tembok biasa diambil 0,5

$h^3$  = Tinggi muka air diatas mercu (m)

Ketebalan mercu dapat pula ditentukan berdasarkan keadaan material dan hidrologis, besarnya ketebalan dapat diketahui pada tabel berikut :

Tabel 2.13 Ketentuan Dimensi Tebal Mercu

Berdasarkan Keadaan		Tebal Mercu
Material	Hidrologis	
Pasir dan kerikil atau kerikil dan batu	Kandungan sedimen sedikit sampai banyak	1,5 – 2,5
Batu – batuan besar	Debris flow kecil sampai debris flow besar	3,0 – 4,0

Sumber : Sabo Design VSTC

#### 2.5.4 Kemiringan *Upstream* dan *Downstream* Main Dam

Mengingat akan keamanan tubuh sabo dam dari bahaya guling (*over turning*), maka kemiringan bagian hulu sabo dam data ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

A. Untuk bangunan sabo dam dengan tinggi  $H \leq 15$  m

$$\begin{aligned} & \{ (1 + \alpha - \omega) (1 + \mu) + \delta (2\varepsilon^2 - \varepsilon^3) \} m^2 + [2 (n + \beta) \{ 1 + \mathcal{G}\varepsilon^2 - \mu (1 + \alpha - \omega) - \omega \} + (\alpha + \gamma) + 2\alpha \cdot \\ & \beta] m - (1 + 3\alpha) - \mu (1 + \alpha - \omega) (n + \beta)^2 - \mathcal{G}C\varepsilon^2 + \alpha \cdot \beta (4n + \beta) + \gamma (3n\beta + \beta^2 + n^2) = 0 \end{aligned} \quad (2-45)$$

B. Untuk bangunan sabo dam dengan tinggi  $H \leq 15$  m

$$(1 + \alpha)m^2 + [2(n + \beta) + n(4\alpha + \gamma) + 2\alpha \cdot \beta]m - (1 + 3\alpha) + \alpha \cdot \beta(4n + \beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) = \quad (2-46)$$

dengan:

$m$  = Kemiringan hulu main dam (*downstream slope*)

$n$  = Kemiringan hilir main dam (*upstream slope*)

$H$  = Tinggi check dam (m)

$$\alpha = H_e / H$$

$$\varepsilon = h_0 / H$$

$$\varpi = h_3 / H$$

$$\beta = bt / H$$

$$\delta = \gamma_s / \gamma_0$$

$\gamma_s$  = Berat volume sedimen dalam air (ton/m<sup>3</sup>)

$\gamma_0$  = Berat volume air (1,0 ton/m<sup>3</sup>)

$C_e$  = Koefisien tekanan tanah

Untuk penerapan yang mudah criteria untuk mendesain kemiringan *upstream main dam* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.14 Kemiringan Main Dam

M	Batasan
0,5	$H \leq 8,0$ m
0,55	$8,0 < H \leq 11,0$ m
0,60	$11,0 \leq H \leq 15,0$ m

Sumber : Sabo Design VSTC

### 2.5.5 Dimensi Sub Dam

#### A. Letak Sub Dam

Letak subdam yaitu jarak antara main dam dan sub dam ditentukan dengan rumus empiris yang didasarkan ada pengalaman bertahun-tahun. Adapun formulasi yang digunakan untuk menghitung jarak antara main dam dengan sub dam adalah sebagai berikut :

$$L = (1,5 \sim 2,0) (H^1 + h_3) \quad (2-47)$$

Tinggi sub dam didapatkan dengan rumus empiris, sebagai berikut :

$$H_2 = \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{4} \right) * H_1 \quad (2-48)$$

dengan:

$H_1$  = Tinggi main dam (mulai dari permukaan lantai hilir sampai mercu)

$H_2$  = Tinggi sub dam (mulai dari permukaan lantai hulu sampai mercu)

### 2.5.6 Dimensi Peredam Energi Apron

Karena aliran air bersama debris yang jatuh dari mercu main dam akan menumbuk dan mengakibatkan penggerusan pada lantai di sebelah hilir (*downstream*) main dam. Untuk mengatasi hal tersebut bagian main dam harus dilengkapi dengan bangunan pelindung, yaitu peredam energi, dinding samping (*side wall*) dan pelindung dasar lainnya.

Adapun hal-hal lain yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

#### A. Perhitungan Peredam Energi (Apron 1)

Peredam energi berfungsi untuk mengurangi kerusakan akibat energi yang dalam aliran , sehingga tidak merusak konstruksi bangunan terjun. Tipe peredam enegi yang akan di pilih tergantung dari bilangan Froude yang terjadi dalam aliran.

Berikut ini tipe peredam energi kolam olakan USBR :

1. Kolam Olak USBR Tipe I untuk bilangan  $Fr < 1,7$
2. Kolam Olak USBR Tipe II untuk bilangan  $Fr > 4,5$
3. Kolam Olak USBR Tipe III untuk  $Fr > 4,5$  sampai  $< 18$
4. Kolam Olak USBR Tipe IV untuk  $Fr 2,5$  sampai  $4,5$

Adapun formulasi yang di gunakan untuk menghitung peredam energi ialah:

$$K = \frac{Q}{h^{2.5}} \quad (2-49)$$

$$dc = n \times b \quad (2-50)$$

$$D_1 = K \square dc \quad (2-51)$$

$$V_1 = \sqrt{2 \times g (0,5) \times H_1 + 1} \quad (2-52)$$

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g \times d_1}} \quad (2-53)$$

dengan:

dc = Kedalaman kritis

$D_1$  = Kedalaman air diawal loncat air

$V_1$  = Kecepatan

Fr = Angka Froude

#### B. Panjang Apron

Panjang apron didefinisikan sebagai jarak antara mercu main dam dengan mercu sub dam, maka angka yang dipakai untuk menentukan panjang apron adalah hasil perhitungan jarak antara main dam dengan sub dam

#### C. Tebal Apron

Panjang apron didefinisikan sebagai jarak antara mercu main dam dengan mercu sub dam, maka angka yang dipakai untuk menentukan panjang apron adalah hasil perhitungan jarak antara main dam dengan sub dam

$$t = 0,1 * (0,6 H_1 + 3h_3 - 1) \quad (2-54)$$

#### B. Tinggi Tembok Tepi (*side wall*)

Tembok tepi dimaksudkan untuk mencegah terjadinya erosi dan longsor antara main dam dan sub dam yang disebabkan oleh aliran air atau terjunan. Letak tembok tepi harus berada di sebelah luar dari pengaruh air-air terjun. Elevasi tembok tepi harus diambil sama tinggi dengan sayap subdam sedikit lebih tinggi. Selain itu, elevasi dari dasar tembok tepi sebaiknya dibuat sama dengan elevasi dasar lantai atau bila tidak ada lantai, dibuat sama dengan elevasi dasar main dam. Formulasi yang digunakan untuk menghitung tembok tepi (*side wall*) adalah sebagai berikut :

$$H_s = (w + h_3 + h_2) \quad (2-55)$$

dengan:

$$H_s = \text{Tinggi side wall (m)}$$

$$w = \text{Tinggi jagaan (m)}$$

$$h_3 = \text{Tinggi muka air diatas pelimpah (m)}$$

$$h_2 = \text{Tinggi sub dam (m)}$$

Untuk tinggi side wall di sebelah hulu sub dam dibuat sama tinggi dengan sub dam.

### 2.5.7 Dimensi Lubang Drainase

Tujuan utama perencanaan *drain hole* adalah untuk mengurangi tekanan air pada main dam. Selain itu *drain hole* dipakai sebagai lubang engaliran pada waktu pelaksanaan pembangunan (Pengaturan dan Perbaikan Sungai, 1984). Sedangkan maksud dari pembuatan lubang drainase menurut Perencanaan Bangunan Pengendali Sedimen (1985) adalah sebagai berikut :

1. Berfungsi sebagai bangunan pengelak pada waktu pelaksanaan pekerjaan.
2. Mengurangi tekanan air pada main dam sesudah tempat endapan sediment di hulu dam penuh.
3. Mengendalikan sediment atau dengan kata lain, aliran sediment ada debit normal data melalui lubang drainase untuk mempertahankan tempat endapan sediment kosong sampai aliran debris atau aliran sediment besar terjadi. Ukuran lubang drainase biasanya diambil 0,5 ~ 1,0 m (lebar - tinggi) untuk mempertahankan fungsi lubang drainase seperti yang sebelumnya telah dijelaskan. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

A. Luas Penampang Lubang Drainase

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \quad (2-56)$$

B. Kecepatan Aliran

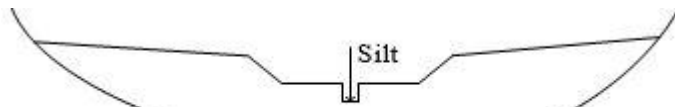
$$V = C \times \sqrt{g \times bi} \quad (2-57)$$

C. Debit Yang Dialirkan Satu Lubang

$$Q = A \times V \quad (2-58)$$

### 2.5.8 Dimensi Silt

Pada umumnya, tujuan pembuatan silt adalah agar struktur main dam dapat berfungsi secara efektif. Dalam hal ini, silt adalah semacam celah ada main dam yang berfungsi untuk meloloskan aliran sediment yang tidak untuk ditampung (dengan butiran yang relative kecil). Karena itu, silt pada umumnya hanya direncanakan pada struktur sabo dam type terbuka (*open sabo dam*) yang dikondisikan di hulu sungai.

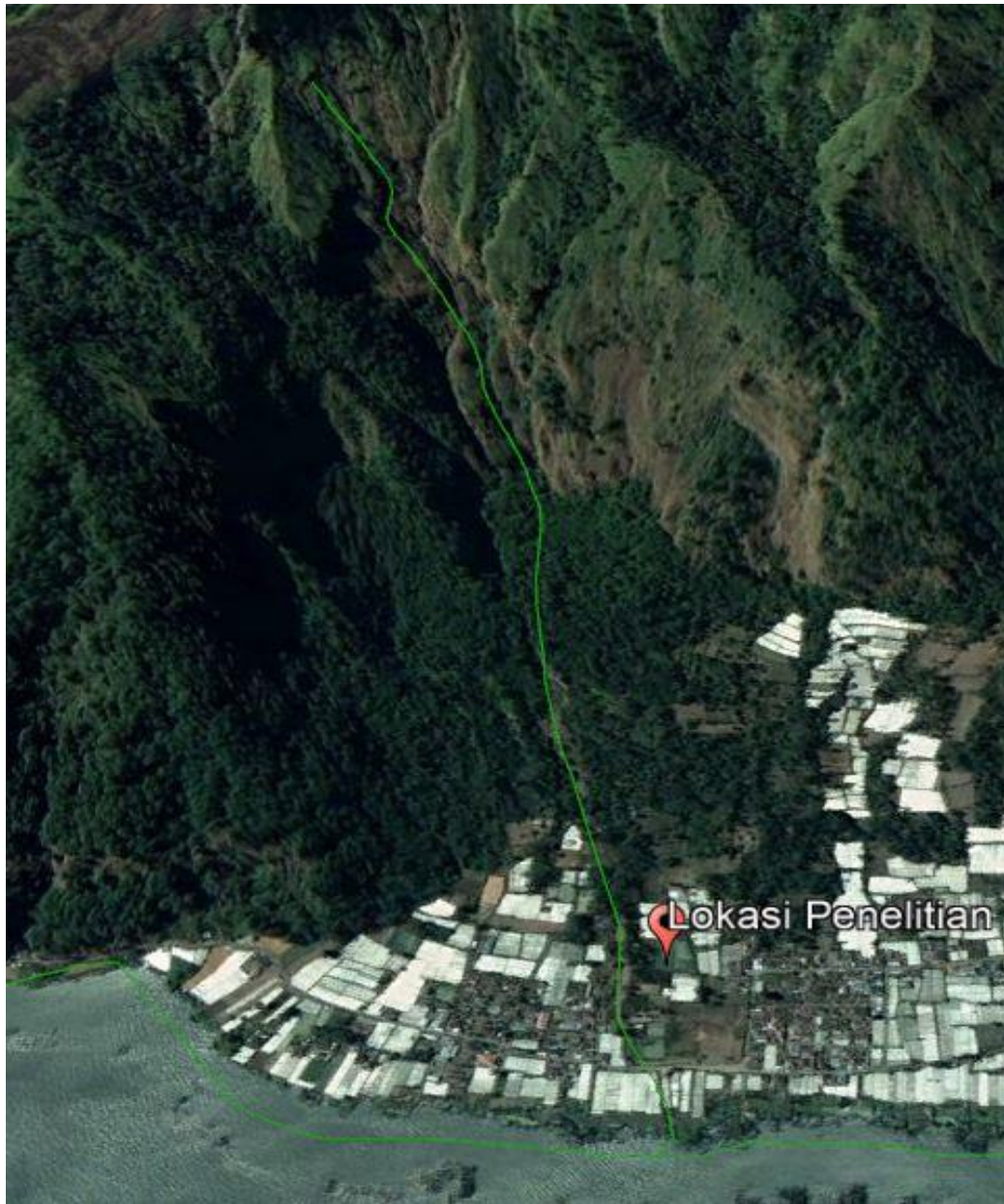


Gambar 2.3 Gambar Letak Silt

Sumber: Sabo Design VSTC

### 3.1 Lokasi Studi

Penulis mengambil lokasi di Lereng Gunung Abang yang terdapat di Desa Abang Batu Dinding dan Desa Terunyan Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli.



Gambar 3.1 Lokasi Studi



### **3.2 Metode Pengumpulan Data**

Pengambilan data dari penelitian ini mempergunakan metode sebagai berikut:

1. Wawancara/ *interview* menanyakan informasi dan pengumpulan data sekunder dari instansi dan narasumber yang berkaitan.
2. Metode kajian pustaka yaitu berdasarkan penelitian lain dan literatur yang ada, dari kedua cara diatas, maka diperoleh jenis data sekunder yaitu data yang diperoleh dari kantor/ instansi terkait.

### **3.3 Data Penelitian**

Data sekunder yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain:

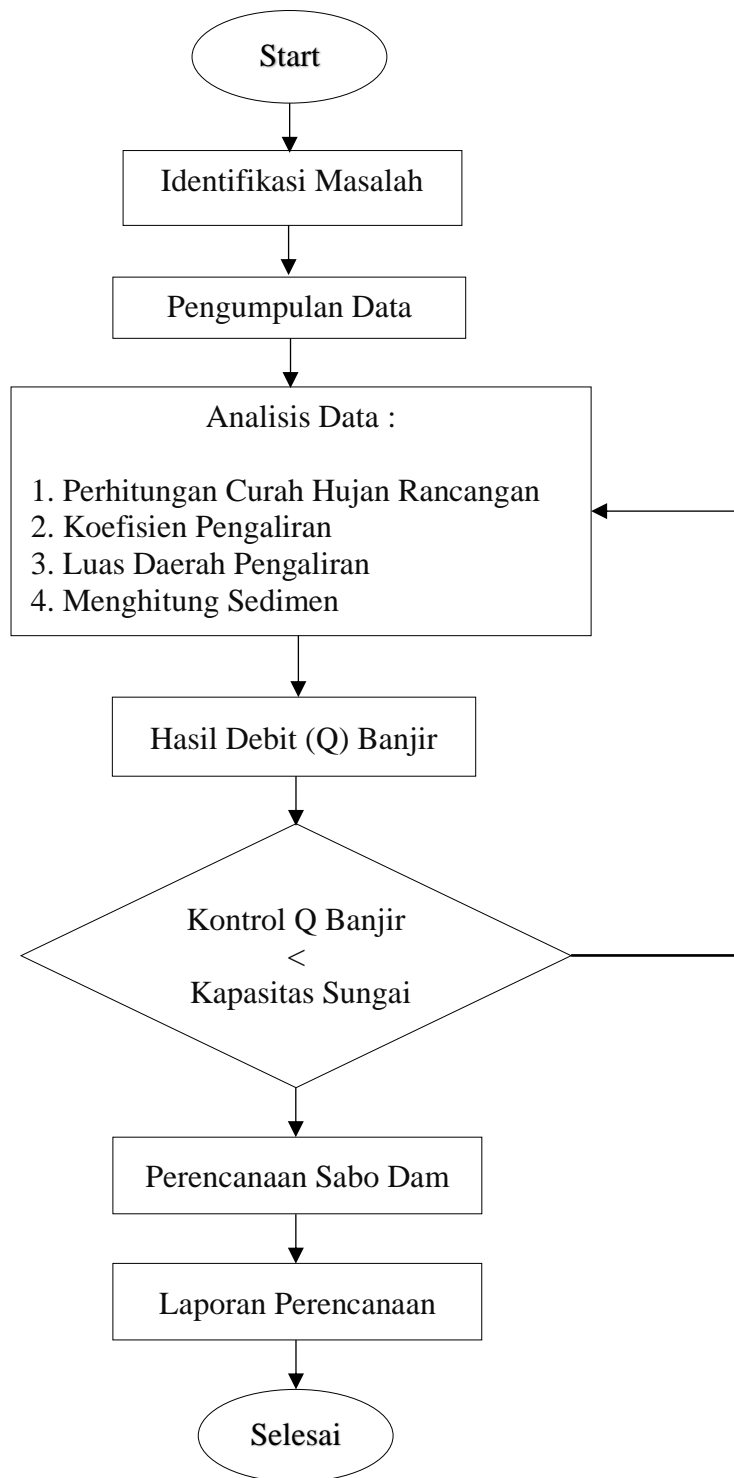
1. Data Curah Hujan Bulanan

Data ini mencakup besaran curah hujan setiap bulannya di Pos Hujan Tampaksiring, Pos Hujan Sulahan dan Pos Hujan Kerta yang berdekatan dengan tempat penelitian. Digunakan data dari tahun 2007 hingga tahun 2017. Data ini diperoleh dari BMKG serta Balai Wilayah Sungai Bali Penida.

2. Data Topografi
3. Data Sedimentasi
4. Data Peta Administrasi Wilayah

### **3.4 Metode Analisis Data**

Data yang diperoleh melalui pengumpulan data kemudian perlu dianalisis lebih lanjut berdasarkan teori yang ada dan berbagai hubungan fenomena yang ditemui. Tahapan analisis dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

#### 4.1 Analisa Curah Hujan

Dalam menganalisa curah hujan perlu adanya data curah hujan yang diperoleh dari stasiun atau pos hujan yang terdekat dengan hulu hingga hilir alur sungai. Hasil dari analisis curah hujan tersebut nantinya digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana. Adapun stasiun atau pos hujan terdekat yaitu sebagai berikut :

1. Pos Hujan Kintamani
2. Pos Hujan Besakih
3. Pos Hujan Kubu
4. Pos Hujan Kerta

Data curah hujan yang dipergunakan adalah curah hujan bulanan maksimum selama 10 tahun , yaitu dari tahun 2009 sampai dengan 2018. Data curah hujan tersebut diperoleh dari Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III.

Terdapat beberapa bulan pada data hujan tidak adanya pencatatan data sehingga dilakukan analisis pengisian data yang hilang dengan menggunakan *reciprocal method* yang terdapat pada persamaan (2-2). Sehingga, adapun data curah hujan setiap stasiun yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Maksimum Pada Pos Hujan Kintamani

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	CH Maksimum
2009	150.0	125.0	81.0	66.5	70.0	33.9	19.4	1.0	33.0	10.0	135.0	57.0	150.0
2010	102.0	84.5	40.0	72.0	84.5	21.0	30.0	51.0	10.0	45.0	60.0	101.0	102.0
2011	121.0	45.0	87.0	45.0	67.0	26.0	8.0	6.1	17.6	16.0	61.0	48.0	121.0
2012	64.0	60.0	124.0	55.0	32.0	3.0	2.0	9.5	7.8	23.1	27.0	43.0	124.0
2013	58.0	70.0	84.0	65.0	25.0	41.0	14.0	18.0	14.2	18.0	74.0	62.0	84.0
2014	82.0	100.0	24.0	50.0	8.4	1.0	8.0	6.0	10.0	10.5	16.0	60.0	100.0
2015	72.0	52.0	63.0	29.0	29.0	12.0	9.4	1.0	8.3	23.2	37.0	63.0	72.0
2016	61.0	75.0	23.5	18.5	25.0	5.0	87.0	1.0	15.0	34.0	15.0	91.0	91.0
2017	89.0	293.0	59.0	38.5	12.0	37.5	25.5	2.5	10.0	13.0	64.0	85.0	293.0
2018	116.0	96.0	85.5	45.0	15.5	9.0	34.8	6.0	43.2	16.8	40.0	40.0	116.0

Sumber : Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Maksimum Pada Pos Hujan Besakih

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	CH Maksimum
2009	61.0	85.0	35.0	65.0	69.0	46.0	24.0	13.0	50.0	97.0	64.0	102.0	150.0
2010	71.0	100.0	51.0	61.0	92.0	30.0	36.0	43.0	98.0	56.0	52.0	68.0	102.0
2011	80.0	72.0	94.0	56.0	28.0	28.5	12.0	5.0	19.0	48.0	71.0	101.0	121.0
2012	124.0	87.0	117.0	60.0	54.0	4.0	59.0	7.0	7.0	58.0	86.0	146.0	124.0
2013	117.0	72.0	70.0	78.0	52.0	79.0	90.0	22.0	24.0	10.0	70.0	80.0	84.0
2014	101.0	73.0	66.0	84.0	4.0	9.0	80.0	39.0	0.0	23.2	35.0	92.0	100.0
2015	40.0	69.0	80.0	47.0	58.0	25.0	13.0	6.0	4.0	5.0	22.0	119.0	72.0
2016	50.0	153.5	104.0	57.0	27.0	65.0	52.0	118.0	26.0	67.0	64.0	109.0	91.0
2017	112.0	66.0	126.5	52.0	87.0	71.2	149.0	57.0	12.0	73.0	58.5	97.4	293.0
2018	90.0	173.0	69.0	42.0	23.0	38.0	40.0	29.0	11.0	2.7	85.0	81.0	116.0

Sumber : Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Maksimum Pada Pos Hujan Kubu

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	CH Maksimum
2009	57.5	93.0	47.5	18.5	23.4	12.0	11.0	10.8	12.4	13.1	29.0	24.0	93.0
2010	41.0	29.0	32.0	23.0	71.0	5.0	16.0	6.0	23.0	25.0	32.0	73.0	73.0
2011	96.0	76.5	75.5	78.5	8.0	23.5	8.6	8.0	15.0	15.9	7.5	24.5	96.0
2012	77.0	75.0	115.0	42.0	12.4	18.2	20.0	14.0	9.3	64.5	58.0	57.0	115.0
2013	57.0	52.0	62.0	78.5	34.5	174.5	19.6	11.0	21.5	12.5	11.4	45.8	174.5
2014	58.6	48.5	38.9	36.0	16.3	0.8	1.6	3.0	24.9	20.1	25.3	28.2	58.6
2015	31.0	16.2	36.0	73.5	15.0	28.4	3.0	15.0	12.0	18.4	19.8	38.0	73.5
2016	37.0	69.0	85.0	67.0	24.0	78.0	139.0	5.0	4.0	48.0	2.0	98.0	139.0
2017	85.0	151.0	32.0	12.0	16.3	12.0	14.7	11.2	7.0	3.0	20.0	36.0	151.0
2018	40.0	45.0	8.0	10.0	2.0	7.4	25.5	7.8	13.4	0.0	29.0	26.0	45.0

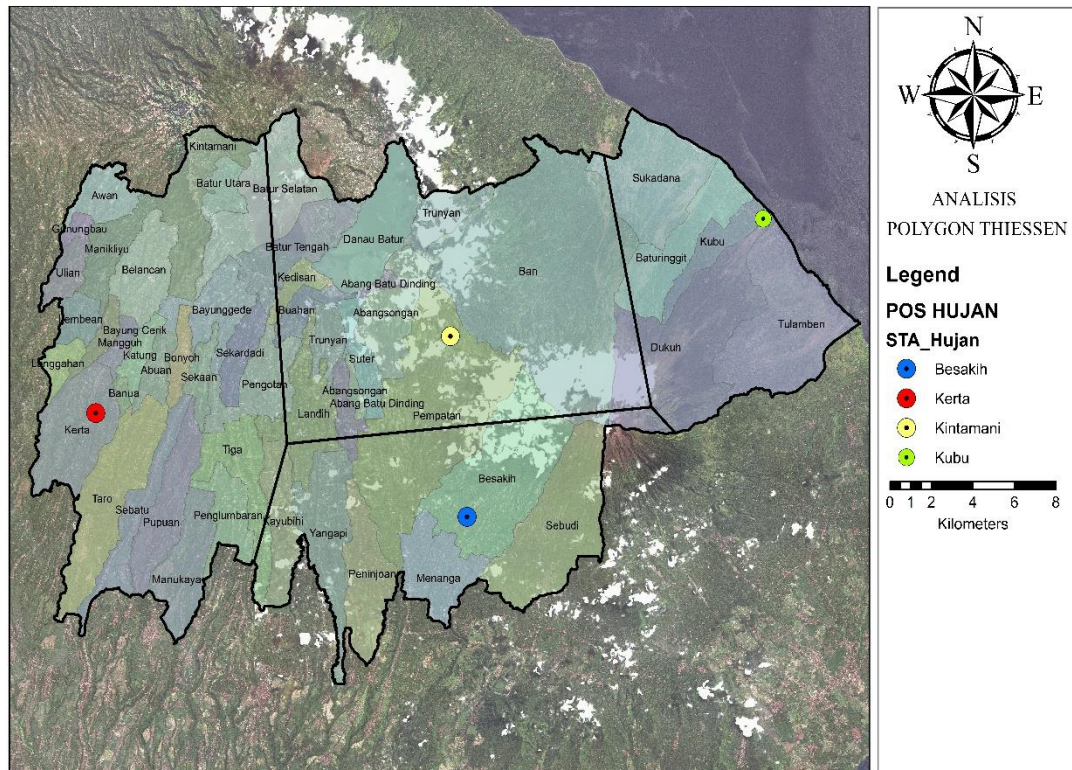
Sumber : Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III

Tabel 4.4 Data Curah Hujan Maksimum Pada Pos Hujan Kerta

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	CH Maksimum
2009	264	324	218	63	147	32	42	2	203	130	24	410	93.0
2010	400	680	680	530	270	300	500	120	110	720	210	260	73.0
2011	560	120	380	370	100	4	50	7	40	20	290	414	96.0
2012	576	344	346	166	113	8	90	9	15	42	150	538	115.0
2013	474	346	280	487	266	131	37	13	16	1	237	411	174.5
2014	631	90	220	320	39	2	106	15	27	150	522	1006	58.6
2015	399	306	316	294	156	12	6	3	20	175	44	241	73.5
2016	241	513	275	317	278	127	189	83	112	327	545	671	139.0
2017	657	281	224	319	58	66	187	41	29	115	524	724	151.0
2018	96	121	69	39	17	21	36	16	26	9	57	55	45.0

Sumber : Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III

Dalam analisis selanjutnya perlu diketahui adalah hujan rerata daerah. Dalam penelitian ini metode yang digunakan dalam menghitung hujan rerata daerah yaitu metode Poligon Thiessen. Persamaan yang digunakan untuk menghitung hujan rerata pada seluruh area penelitian menggunakan persamaan (2-3). Adapun luasan areal poligon yang di dapat berdasarkan hasil penggunaan aplikasi ArcMap 10.6.1.



Gambar 4.1 Luasan Daerah Poligon

Sumber : ArcMap 10.6.1

Keterangan :

Luas area polygon Kintamani = 201.9 km<sup>2</sup>

Luas area polygon Kubu = 100.8 km<sup>2</sup>

Luas area polygon Besakih = 130.7 km<sup>2</sup>

Luas area polygon Kerta = 208.6 km<sup>2</sup>

Berdasarkan luasan areal polygon dan data curah hujan setiap stasiun di dapat analisis hujan rerata daerah menggunakan metode polygon thiessen yaitu disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.5 Perhitungan Curah Hujan Maksimum Bulanan

Tahun	STA Kintamani (mm)	STA Besakih (mm)	STA Kubu (mm)	STA Kerta (mm)	CH Rata-Rata Poligon Thiessen (mm)	Sort
2009	150.0	102.0	93.0	410.0	215.8	78.8
2010	102.0	100.0	73.0	720.0	297.8	188.1
2011	121.0	101.0	96.0	560.0	255.6	215.8
2012	124.0	146.0	115.0	575.5	273.8	235.9
2013	84.0	117.0	174.5	487.0	235.9	255.6
2014	100.0	101.0	58.6	1006.0	388.1	273.8
2015	72.0	119.0	73.5	399.0	188.1	297.8
2016	91.0	153.5	139.0	671.0	299.7	299.7
2017	293.0	149.0	151.0	723.5	381.3	381.3
2018	116.0	173.0	45.0	121.0	118.1	388.1

Sumber : Hasil Analisa 2019

#### 4.1.1 Uji Konsistensi Data

Sebelum data hujan digunakan terlebih dahulu harus lewat pengujian untuk konsistensi data karena hal ini dapat mempengaruhi ketelitian hasil analisa. Uji konsistensi data pada penelitian ini menggunakan cara Metode Kurva Massa Ganda (*Double Mass Curve*) dan Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*).

##### A. Metode Kurva Massa Ganda

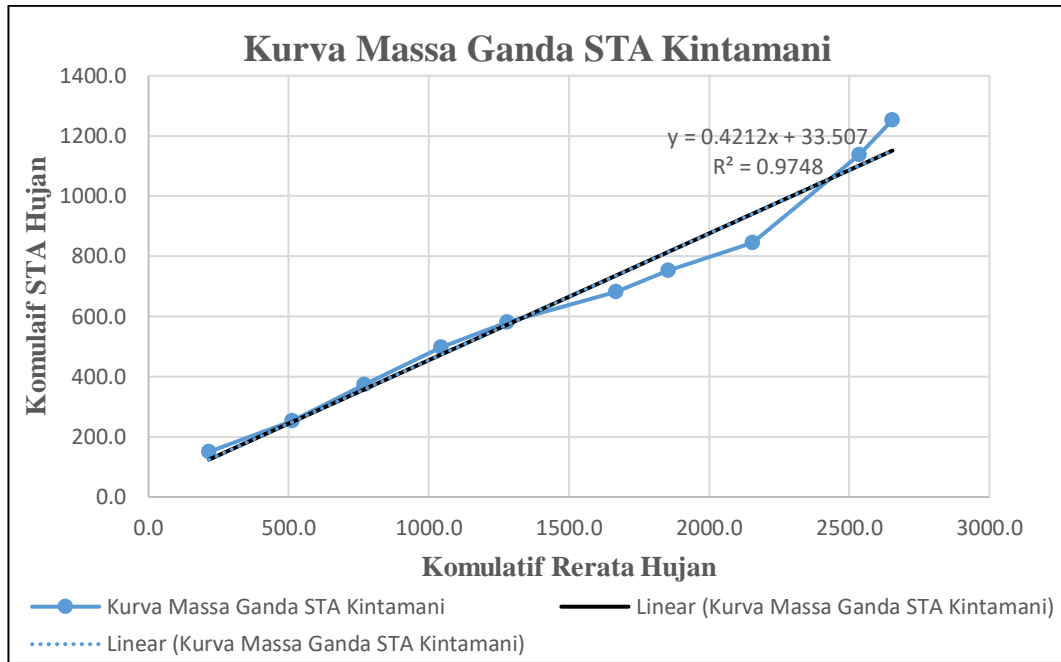
Kurva massa ganda adalah pengujian antara dua atau lebih data hujan tiap stasiun yang dirata-ratakan (sebagai sumbu x) terhadap suatu data curah hujan pada stasiun yang ingin diuji konsistensinya (sebagai sumbu y). menurut (Sarwono:2006) adapun kriteria nilai korelasi adalah sebagai berikut :

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- $>0 - 0,25$  : Korelasi sangat lemah
- $>0,25 - 0,5$  : Korelasi cukup
- $>0,5 - 0,75$  : Korelasi kuat
- $>0,75 - 0,99$  : Korelasi sangat kuat
- 1 : Korelasi sempurna

Data dapat digunakan apabila nilai korelasi ( $R^2$ ) minimal  $> 0,5$  atau korelasi kuat. Dalam kasus ini, pengujian konsistensi data dilakukan antara rata-rata penjumlahan kumulatif data stasiun Petang Kapal dan Beraban (sumbu x) terhadap penjumlahan kumulatif data stasiun petang, kumulatif data stasiun Kapal serta kumulatif data stasiun Beraban (sumbu y). Kurva Massa Ganda dapat dilihat pada Gambar 4.2 Gambar 4.3 dan Gambar 4.4

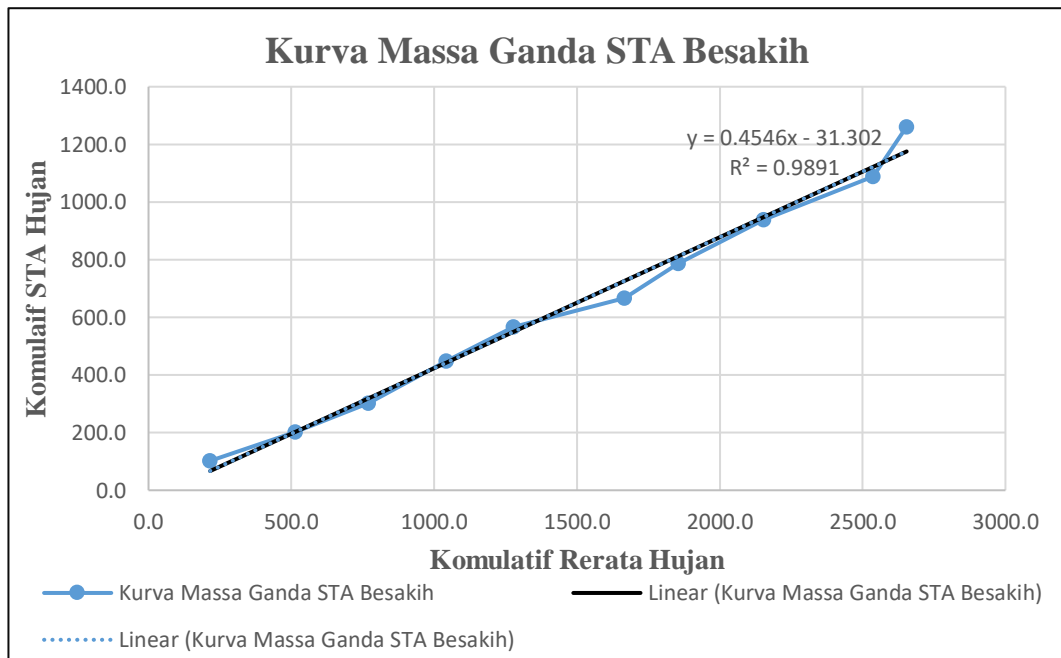
Metode kurva massa ganda menggunakan grafik untuk pengujian kepenggahan. Jika grafik bernilai  $R^2$  atau determinasi lebih dari 1 maka data tersebut dinyatakan tidak panggah. Kepenggahan data hujan dengan kurva massa ganda bisa juga dilihat dari nilai korelasi ( $R^2$ ) antar data hujan pada

stasiun hujan yang digunakan. nilai  $R^2$  harus mendekati satu ( $R^2 \approx 1$ ) (Mahendra Dan Anwar, 2009 dalam Utomo, Wahyu, 2012). Berikut adalah gambar kurva massa ganda setiap stasiun:



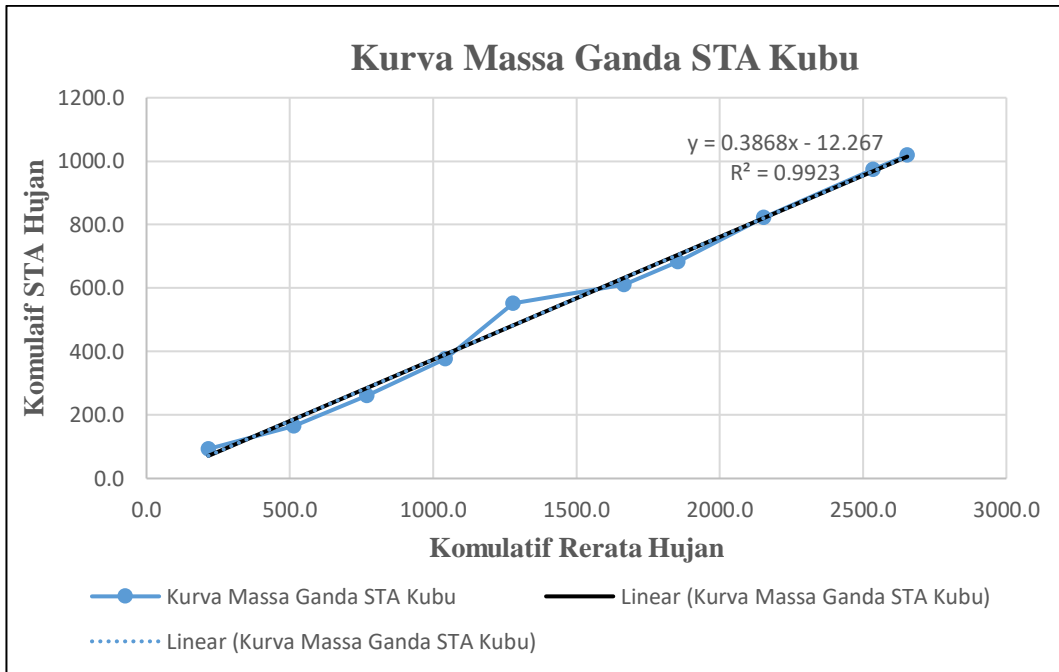
Gambar 4.2 Kurva Masa Ganda STA Kintamani

Sumber : Hasil Analisa 2019



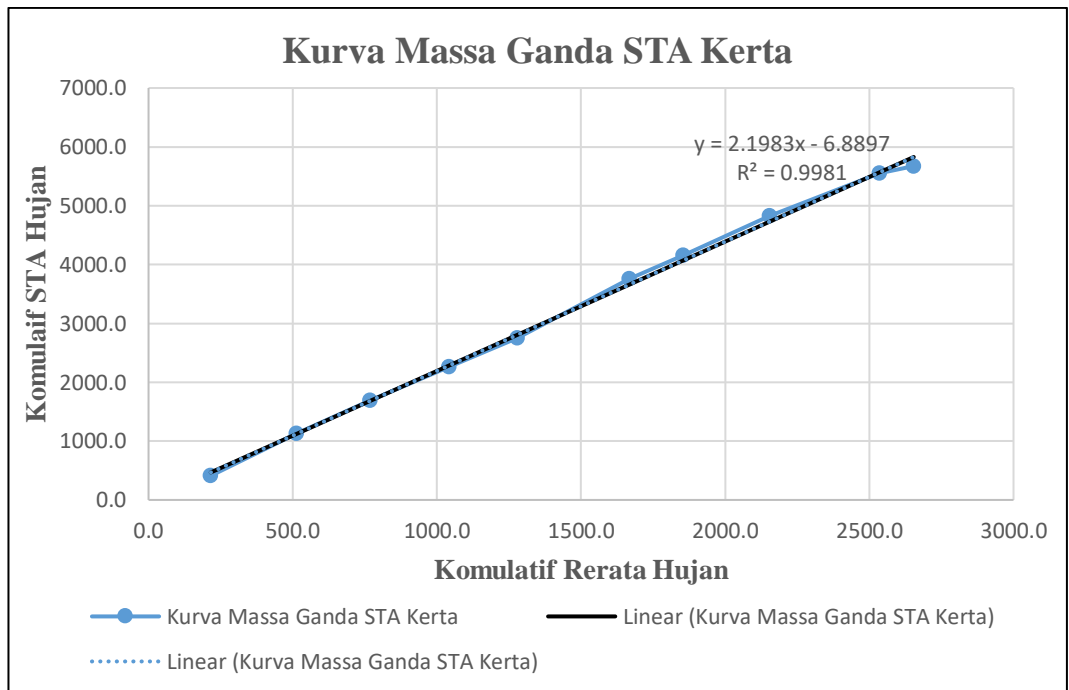
Gambar 4.3 Kurva Masa Ganda STA Besakih

Sumber : Hasil Analisa 2019



Gambar 4.4 Kurva Masa Ganda STA Kubu

Sumber : Hasil Analisa 2019



Gambar 4.5 Kurva Masa Ganda STA Kerta

Sumber : Hasil Analisa 2019

Dilihat pada Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa hubungan antara rata-rata stasiun Kintamani, Besakih, Kubu dan Kerta terhadap Sta Kintamani didapat nilai  $R^2$  adalah 0,9748. Sedangkan hubungan antara rata-rata stasiun Kintamani, Besakih, Kubu dan Kerta terhadap Sta Besakih didapat nilai  $R^2$  adalah 0,9891. Hubungan antara rata-rata



stasiun Kintamani, Besakih, Kubu dan Kerta terhadap Sta Kubu didapat nilai  $R^2$  adalah 0,9923. Serta hubungan antara rata-rata stasiun Kintamani, Besakih, Kubu dan Kerta terhadap Sta Kerta didapat nilai  $R^2$  adalah 0,9981. Hal ini dapat menyimpulkan bahwa data dari ketiga stasiun tersebut layak dan dapat digunakan.

#### B. Metode RAPS

Metode yang digunakan untuk pengujian data yaitu metode RAPS (*Rescaled Adjusted partial Sums*) yaitu pengujian dengan menggunakan data hujan tahunan rata-rata dari stasiun yang sudah ditetapkan dengan melakukan pengujian kumulatif penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya adapun perhitungan setiap stasiun disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Uji Konsistensi Data Untuk Stasiun Kintamani dengan Metode RAPS

No	Tahun	STA Kintamani (mm)	Sk*	(Yi-Y)^2	Sk**
1	2009	150.0	24.7	610.09	0.413126
2	2010	102.0	-23.3	542.89	-0.38971
3	2011	121.0	-4.3	18.49	-0.07192
4	2012	124.0	-1.3	1.69	-0.02174
5	2013	84.0	-41.3	1705.69	-0.69077
6	2014	100.0	-25.3	640.09	-0.42316
7	2015	72.0	-53.3	2840.89	-0.89148
8	2016	91.0	-34.3	1176.49	-0.57369
9	2017	293.0	167.7	28123.29	2.804909
10	2018	116.0	-9.3	86.49	-0.15555
<b>Jumlah</b>		1253.0		3574.61	
<b>Rerata</b>		125.3			
n = 10 Dy = 59.78804228 Sk** max = 2.804908701 Sk** min = -0.89148261 Q =  Sk** max  = 2.8049087 R = Sk** max - Sk** min = 3.69639131					
<b>Q/√n</b> = 0.887 < 1,14 95% -----> OKE <b>R/√n</b> = 1.169 < 1.28 95% -----> OKE					

Sumber : Hasil Analisa 2019

Tabel 4.7 Hasil Uji Konsistensi Data Untuk Stasiun Besakih dengan Metode RAPS

No	Tahun	STA Besakih (mm)	Sk*	(Yi-Y)^2	Sk**
1	2009	102.0	-24.2	583.2225	-0.94535
2	2010	100.0	-26.2	683.8225	-1.02364
3	2011	101.0	-25.2	632.5225	-0.9845
4	2012	146.0	19.9	394.0225	0.777027
5	2013	117.0	-9.2	83.7225	-0.35818
6	2014	101.0	-25.2	632.5225	-0.9845
7	2015	119.0	-7.2	51.1225	-0.27989
8	2016	153.5	27.4	748.0225	1.070614
9	2017	149.0	22.9	522.1225	0.894462
10	2018	173.0	46.9	2194.9225	1.83394
<b>Jumlah</b>		1261.5		652.6025	
<b>Rerata</b>		126.2			
n = 10 Dy = 25.54608581 Sk** max = 1.833940446 Sk** min = -1.023640185 Q =  Sk** max  = 1.83394045 R = Sk** max - Sk** min = 2.85758063					
$Q/\sqrt{n} = 0.580 < 1,14$ 95% -----> OKE $R/\sqrt{n} = 0.904 < 1.28$ 95% -----> OKE					

Sumber : Hasil Analisa 2019

Tabel 4.8 Hasil Uji Konsistensi Data Untuk Stasiun Kubu dengan Metode RAPS

No	Tahun	STA Kubu (mm)	Sk*	(Yi-Y)^2	Sk**
1	2009	93.0	-8.9	78.4996	-0.22083
2	2010	73.0	-28.9	832.8996	-0.7193
3	2011	96.0	-5.9	34.3396	-0.14605
4	2012	115.0	13.1	172.6596	0.3275
5	2013	174.5	72.6	5276.5696	1.810472
6	2014	58.6	-43.3	1871.4276	-1.07821
7	2015	73.5	-28.4	804.2896	-0.70684
8	2016	139.0	37.1	1379.3796	0.925673
9	2017	151.0	49.1	2414.7396	1.22476
10	2018	45.0	-56.9	3233.0596	-1.41717
<b>Jumlah</b>		1018.6		1609.7864	
<b>Rerata</b>		101.9			
n = 10 Dy = 40.12214351 Sk** max = 1.810471566 Sk** min = -1.417172539 Q =  Sk** max  = 1.81047157 R = Sk** max - Sk** min = 3.22764411					
$Q/\sqrt{n} = 0.573 < 1,14$ 95% -----> OKE $R/\sqrt{n} = 1.021 < 1.28$ 95% -----> OKE					

Sumber : Hasil Analisa 2019

Tabel 4.9 Hasil Uji Konsistensi Data Untuk Stasiun Kerta dengan Metode RAPS

No	Tahun	STA Kerta (mm)	Sk*	(Yi-Y)^2	Sk**
1	2009	410.0	-157.3	24744.44952	-0.69675
2	2010	720.0	152.7	23316.16442	0.67634
3	2011	560.0	-7.3	53.34382396	-0.03235
4	2012	575.5	8.2	67.17956905	0.036304
5	2013	487.0	-80.3	6448.681928	-0.35569
6	2014	1006.0	438.7	192454.4562	1.943124
7	2015	399.0	-168.3	28326.1306	-0.74547
8	2016	671.0	103.7	10752.92561	0.459303
9	2017	723.5	156.2	24397.28862	0.691842
10	2018	121.0	-446.3	199154.0829	-1.97666
<b>Jumlah</b>		5673.0		50971.47032	
<b>Rerata</b>		567.3			
n = 10 Dy = 225.7686212 Sk** max = 1.943123504 Sk** min = -1.976655688 Q =  Sk** max  = 1.9431235 R = Sk** max - Sk** min = 3.91977919					
$Q/\sqrt{n} = 0.614 < 1,14$ 95%      -----> OKE $R/\sqrt{n} = 1.240 < 1.28$ 95%      -----> OKE					

Sumber : Hasil Analisa 2019

Hasil analisa dari keempat stasiun yang diuji dengan menggunakan metode RAPS dapat dinyatakan bahwa data tersebut sudah konsisten dan dapat digunakan untuk analisa selanjutnya.

#### 4.1.2 Pemilihan Distribusi Frekuensi

Penentuan jenis distribusi frekuensi diperlukan untuk mengetahui suatu rangkaian data cocok untuk suatu sebaran tertentu dan tidak cocok untuk sebaran lain. Untuk mengetahui kecocokan terhadap suatu jenis sebaran tertentu, perlu dikaji terlebih dahulu ketentuan-ketentuan yang ada yang dapat dilihat pada Tabel 2.6. Persamaan yang digunakan dalam menghitung nilai Cv, Cs dan Ck dapat dilihat dalam persamaan (2-22), (2-23), dan (2-24). Adapun hasil analisis untuk pemilihan distribusi frekuensi adalah sebagai berikut

Tabel 4.10 Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs) dan Koefisien Kurtosis (Ck)

No	Tahun	Curah Hujan Rata-Rata (mm)	Xi-Xr	(Xi-Xr) <sup>2</sup>	(Xi-Xr) <sup>3</sup>	(Xi-Xr) <sup>4</sup>
1	2009	215.8	-49.7	2465.2	-122402.7	6077448.0
2	2010	297.8	32.4	1051.8	34112.8	1106344.2
3	2011	255.6	-9.8	95.4	-931.3	9094.8
4	2012	273.8	8.4	69.9	584.0	4881.2
5	2013	235.9	-29.5	872.5	-25772.6	761279.5
6	2014	388.1	122.7	15048.7	1846079.1	226464641.6
7	2015	188.1	-77.4	5984.0	-462896.2	35807839.0

8	<b>2016</b>	299.7	34.3	1176.9	40373.6	1385043.7
9	<b>2017</b>	381.3	115.9	13423.1	1555180.3	180180448.2
10	<b>2018</b>	118.1	-147.3	21702.1	-3197077.9	470981982.6
Jumlah		2654.1	0.0	61889.7	-332750.9	922779002.7
Rerata (Xr)		265.4				
n	=	10				
STDV	=	82.92544112				
Cs	=	-0.081044458				
Ck	=	3.871827551				
Cv	=	0.312443356				

Sumber : Hasil Analisa 2019

Berdasarkan persyaratan pemilihan jenis distribusi atau sebaran frekuensi yang dapat dilihat pada tabel 2.6, dengan  $C_s = -0.081$ ,  $C_k = 3.871$ , dan  $C_s \neq 3.C_v$  maka tidak ada sebaran yang sesuai dengan syarat distribusi frekuensi yang ada pada Tabel 4.10. Sehingga metode yang digunakan adalah metode Log Person Type III.

#### 4.1.3 Analisa Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson Type III

Analisis frekuensi dengan metode Log Pearson Type III data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan maksimum tahunan yang kemudian data tersebut diurutkan dari kecil ke besar. Hasil perhitungan menurut metode Log Pearson Type III secara rinci disajikan pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12

Tabel 4.11 Analisa Parameter Statistik dengan Metode Log Pearson Type III

Rangking	CH	Log Xi	Log Xi - Log X	(Log Xi - Log X)^2	(Log Xi - Log X)^3
1	78.8	1.8963	-0.4880	0.2381	-0.1162
2	188.1	2.2743	-0.1100	0.0121	-0.0013
3	215.8	2.3340	-0.0503	0.0025	-0.0001
4	235.9	2.3727	-0.0116	0.0001	0.0000
5	255.6	2.4076	0.0233	0.0005	0.0000
6	273.8	2.4374	0.0531	0.0028	0.0001
7	297.8	2.4740	0.0897	0.0080	0.0007
8	299.7	2.4767	0.0924	0.0085	0.0008
9	381.3	2.5812	0.1969	0.0388	0.0076
10	388.1	2.5889	0.2046	0.0419	0.0086
Jumlah	2614.8	23.8431	0.0000	0.3535	-0.0998
Rata-rata	261.5	2.4			

Hasil analisa pada tabel diatas dapat dihitung simpangan baku dengan menggunakan persamaan 2-9 serta koefisien kemencengan ( $C_s$ ) dengan Persamaan 2-10, koefisien Kemencengan ( $C_s$ ) Digunakan untuk menentukan nilai Faktor Frekuensi (K) yang dapat dilihat pada Tabel 2.3. setelah dilakukan analisis didapat nilai simpangan baku sebesar 0,1981 dan nilai koefisien kemencengan ( $C_s$ ) sebesar -1,780.

Selanjutnya analisis dilakukan dengan menghitung logaritma hujan dengan periode ulang T dengan rumus :

$$\log X_T = \log \bar{X} + K.s$$

Tabel 4.12 Analisa Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson Type III

Kata Ulang T (Tahun)	Frekuensi (K)	Log Xt	Hujan Rencana RT (mm/hari)	Pembulatan
2	0.2792	2.4396	275.1976	276
5	0.8008	2.5430	349.1527	350
10	0.9500	2.5726	373.7523	374
25	1.0430	2.5910	389.9552	390
50	1.0784	2.5980	396.3057	397
100	1.0976	2.6018	399.7931	400
200	1.1086	2.6040	401.8050	402
1000	1.1220	2.6067	404.2695	405

Sumber : Hasil Analisa 2019

Setelah perhitungan Log-Person Type III maka dilanjutkan dengan uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi Kuadrat untuk memastikan perhitungan tersebut dapat digunakan.

#### 4.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk mengetahui apakah perhitungan dengan metode Log-Person Type III dapat dipakai, maka dilakukan pengujian lebih lanjut dengan Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi Kuadrat

##### A. Uji Smirnov Kolgomov

Untuk melakukan uji Smirnov-Kolmogorov, data curah hujan harian maksimum tahunan disusun dari angka terkecil ke angka terbesar. Sedangkan untuk menghitung probabilitasnya digunakan persamaan 2-30.

Tabel 4.13 Pengujian Nilai Distribusi Frekuensi Log Person Type III dengan Metode Smirnov Kolmogorov

No	Xi (mm)	Log Xi	Pe	K	Pe	Pt	D (Pt-Pe)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1	78.77	1.896	0.091	-2.462	0.963	0.037	-0.054
2	188.05	2.274	0.182	-0.555	0.842	0.158	-0.024
3	215.76	2.334	0.273	-0.254	0.738	0.262	-0.010
4	235.87	2.373	0.364	-0.059	0.608	0.392	0.029
5	255.64	2.408	0.455	0.118	0.593	0.407	-0.048
6	273.77	2.437	0.545	0.268	0.553	0.447	-0.098
7	297.84	2.474	0.636	0.452	0.514	0.486	-0.151
8	299.72	2.477	0.727	0.466	0.231	0.769	0.042
9	381.27	2.581	0.818	0.994	0.067	0.933	0.115
10	388.08	2.589	0.909	1.032	0.044	0.956	0.047
	Jumlah	23.843				ΔMax	
	Rerata (LogX)	2.384				=	0.115
	Std. Dev (SLogX)	0.198					
	Cs	-1.781					

Sumber : Hasil Analisa 2019

Keterangan :

- [1] = Nomor  
 [2] = Data  
 [3] = Log Xi  
 [4] = [1] / [n+1]  
 Banyaknya data = 10  
 Taraf signifikan 5% = 0,5
- [5] = (LogXi-LogX)/SLogX  
 [6] = (Interpolasi berdasarkan nilai Cs dan K)/100  
 [7] = 1-[6]  
 [8] = [7] - [4]

$\Delta Cr$  dapat dilihat pada Tabel 2.8 didapatkan nilai = 0,41

$\Delta Max$  dapat dilihat pada Tabel 4.13 dengan nilai = 0.115

Sehingga dapat ditarik kesimpulan yaitu nilai  $\Delta Max < \Delta Cr$ , maka pengujian Smirnov-Kolmogorov pada distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

#### B. Uji ChiKuadrat

Uji Chi Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

1. Kelompokkan data menjadi K (kelas), tiap kelas minimal 4 data pengamatan

$$K = 1+3,332 \log n$$

Dimana:

K = Jumlah kelas

n = 10

Sehingga:

$$K = 1+3,332 \log 10 = 4.332 \sim 4$$

2. Sehingga dapat dibuat menjadi 4 kelas distribusi yaitu :

$$\frac{100\%}{4} = 25\%$$

Jadi interval yang digunakan adalah : 25%, 50% dan 75%

3. Menghitung nilai X :

Untuk Pr = 75%, dan Cs = -1,780, didapatkan nilai G sebesar -0,506 (hasil interpolasi dari Tabel 2.3)

4. Menghitung nilai LogX

$$\text{LogX} = \text{LogXrt} + (G \times S)$$

Pada pengujian Chi Square terlebih dahulu menentukan nilai Cs, Rerata LogXi dan nilai Si dari analisa Log Pearson Type III sebelumnya. Nilai Cs yaitu :

-1.780, nilai Rerata LogXi sebesar 2,4 dan nilai Si sebesar 0.19

Tabel 4.14 Pengujian Nilai Distribusi Frekuensi Log Person Type III dengan Metode Chi

Kuadrat

No	Pr	Log Xrt	Cs	G	S	Log X	X (mm)
1	75	2.38431	-1.7805	-0.506	0.19818	2.28406	192.335
2	50	2.38431	-1.7805	0.279	0.19818	2.43966	275.207
3	25	2.38431	-1.7805	0.714	0.19818	2.52578	335.567

Sumber : Hasil Analisa 2019

Tabel 4.15 Tabel Uji Simpangan Chi-Square

No	Batas Kelas	Jumlah Data		Fe - Ft	(Fe-Ft)^2/Ft
		Fe	Ft		
1	0 - 192.335	2	2.5	-0.5	0.1
2	192.335 - 275.207	4	2.5	1.5	0.9
3	275.207 - 335.567	2	2.5	-0.5	0.1
4	335.567 - ~	2	2.5	-0.5	0.1
	Jumlah	10	10		1.2

Sumber : Hasil Analisa 2019

Dari analisis yang dilakukan bahwa dari tabel Chi-Square (Tabel 2.7) didapatkan nilai  $X^2_{Cr} = 3,841$  untuk  $dk = 1$  dan  $\alpha = 5\%$  sedangkan nilai  $X^2$  hitung sebesar 1,2.

Nilai  $X^2$  hitung <  $X^2_{Cr}$  distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan.

#### 4.1.5 Distribusi Hujan

Dalam menentukan distribusi hujan jam-jaman perlu dilakukan analisis terhadap curah hujan efektif yakni menggunakan persamaan (2-25). Untuk koefisien limpasan digunakan nilai 0,4 karena sepanjang sungai termasuk lahan hutan berbukit 10-30% yang dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Perhitungan Nisbah digunakan metode dari monobe dengan persamaan  $R_t = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3}$

Dengan :

$R_t$  = Distribusi hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

$t$  = Waktu curah hujan (jam)

Perhitungan distribusi hujan secara rinci disajikan pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Pehitungan Hujan Efektif

Kata Ulang Tahun	2	5	10	25	50	100	200	1000
CH Harian	276	350	374	390	397	400	402	405
Koefisien Pengaliran (C)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
CH Efektif	165.6	210	224.4	234	238.2	240	241.2	243

Sumber : Hasil Analisa 2019

Tabel 4.17 Distribusi Hujan Jam-Jaman

T (Jam)	Nisbah	Curah Hujan Tiap Jam							
		1	0.693	114.821	145.606	155.590	162.247	165.159	166.407
2	0.180	29.844	37.846	40.441	42.171	42.928	43.253	43.469	43.793
3	0.126	20.935	26.548	28.369	29.582	30.113	30.341	30.492	30.720

Sumber : Hasil Analisa 2019

#### 4.2 Analisa Debit Banjir Rancangan

Dalam menentukan debit banjir rencana digunakan metode Hidrograf satuan sintetik Nakayasu. Pada analisis HSS Nakayasu diperlukan parameter luas DAS, panjang sungai utama, Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam) (TP) dan Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (T0,3)

Pada Sungai Intermitten Kabupaten Karangasem luas Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah  $\pm 1,39 \text{ km}^2$  dan panjang anak Sungai Intermitten  $\pm 1,802 \text{ km}$ . Pada analisis HSS Nakayasu digunakan hujan satuan 1mm.

Untuk menghitung TP dapat menggunakan persamaan 2-33 dan untuk menghitung  $T_{0,3}$  digunakan persamaan 2-34. Dari persamaan tersebut didapat nilai  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  berturut-turut 4,442 dan 5,552 sehingga didapat debit puncak banjir 2,592 dengan menggunakan persamaan 2-32.

Persamaan satuan hidrograf adalah :

- Pada waktu naik  
 $0 < t \leq T_p$  dapat menggunakan persamaan 2-37
- Pada kurva turun
  - $T_p < t \leq (T_p + T_{0,3})$  dapat menggunakan persamaan 2-38
  - $(T_p + T_{0,3}) < t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$  dapat menggunakan persamaan 2-39
  - $t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$  dapat menggunakan persamaan 2-40

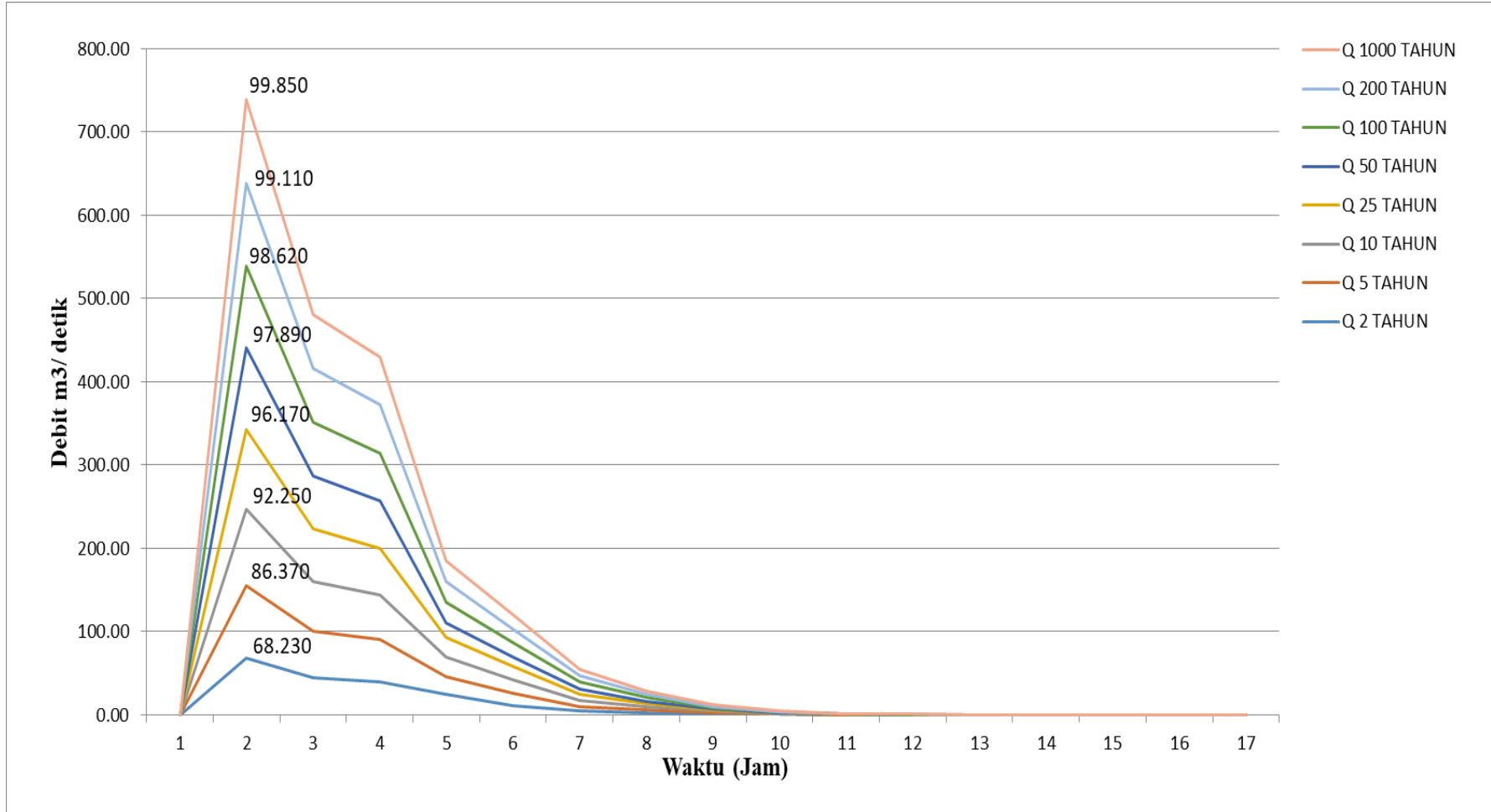
Adapun Rekapitulasi hasil perhitungan Hidrograf debit rencana dengan Metode HSS Nakayasu disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.18 Rekapitulasi Debit Rencana Dengan Metode HSS Nakayasu

T	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100	Q200	Q1000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>0.507</b>	68.23	86.37	92.25	96.17	97.89	98.62	99.11	99.85
1	44.37	56.20	60.04	62.60	63.72	64.20	64.52	65.00
<b>1.142</b>	39.70	50.30	53.74	56.03	57.03	57.46	57.75	58.18
2	24.52	21.57	23.05	24.03	17.50	24.65	24.77	24.95
<b>2.093</b>	11.62	14.72	15.73	16.40	11.37	16.82	16.90	17.03
3	5.43	4.87	7.35	7.66	6.00	7.86	7.90	7.95
4	2.92	2.68	3.77	3.93	3.34	4.03	4.05	4.08
5	1.76	1.28	1.51	1.58	0.93	1.62	1.63	1.64
6	0.72	0.45	0.59	0.61	0.36	0.63	0.63	0.63
7	0.28	0.17	0.23	0.24	0.14	0.24	0.24	0.25
8	0.11	0.06	0.09	0.09	0.06	0.09	0.09	0.10
9	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04
10	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
11	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Untuk perhitungan debit rencana menggunakan HSS Nakayasu selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A. Berikut adalah hidrograf banjir rancangan yang telah di analisis:





Gambar 4.6 Hidrograf Banjir Rancangan Sungai Intermitten Metode HSS Nakayasu

Hasil analisa perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu didapatkan nilai untuk perencanaan sabo dam menggunakan kala ulang 50 tahun yaitu sebesar 97,890 m<sup>3</sup>/dt.

#### 4.2 Penyelidikan Tanah

Untuk mengetahui sifat dan jenis tanah pada studi kasus digunakan uji Borehole (Pengeboran) yang dilakukan sebanyak dua kali. Sehingga didapatkan kesimpulan penyelidikan tanah sebagai berikut:

Depth (m)	Soil	$\frac{(w)}{(\%)}$	$G_s$	$\frac{\gamma_b}{(kN/m^3)}$	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$k$ (cm/dt)
<b>Borehole B1</b>							
0 - 2.5	Silty sand	22.12	2.65	16.80	8.30	30.45	$2.23 \times 10^{-5}$
2.5 - 6.0	Clay silt	32.18	2.74	21.50	24.65	32.34	$2.34 \times 10^{-5}$
> 6.0	Breccia	41.56	2.64	19.40	21.80	45.13	$0.06 \times 10^{-5}$
<b>Borehole B2</b>							
0 - 2.0	Silty sand	25.57	2.65	16.80	8.30	30.00	$2.23 \times 10^{-5}$
3.5 - 6.0	Clay silt	32.00	2.74	21.50	24.00	33.34	$2.34 \times 10^{-5}$
> 6.0	Breccia	40.80	2.64	19.40	20.12	42.34	$0.06 \times 10^{-5}$

Gambar 4.7 Peta Penyebaran Tanah

Berdasarkan hasil uji diatas, jenis tanah diambil pada kedalaman 0-2,5m yaitu tanah Silty Sand, dengan karakteristik parameter sebagai berikut:

1. *Specific gravity* ( $G_s$ ) = 2.65
2. Berat isi kering ( $\gamma_d$ ) = 1.68 gr/cm<sup>3</sup>
3. Kohesi ( $c$ ) = 8.30 kN/m<sup>2</sup>
4. Sudut geser = 30.45 °

#### 4.3 Debit dan Volume Debris

##### 4.3.1 Debit Puncak Aliran Debris

Untuk perencanaan bangunan sabo dam, debit banjir yang digunakan adalah gabungan antara massa air dan massa sedimen. Perhitungan debit banjir menggunakan persamaan berikut:

$$Q_d = \alpha \times Q_p$$

Keterangan :

$$Q_d = \text{Debit banjir rencana (m}^3/\text{dt)}$$

$$Q_p = \text{Debit banjir puncak (m}^3/\text{dt)} = 97,890 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\alpha = \text{Konsentrasi kandungan sedimen}$$

$$\frac{C^*}{C^* - C_d}$$

$$C^* = 0,6 \text{ (untuk aliran debris)}$$

$$C_d = \frac{\tan \theta}{[(\rho_s / \rho_w) - 1](\tan \phi - \tan \theta)}$$

$$\begin{aligned} \rho_w &= \text{Berat volume air (gr/cm}^3) &= 1,00 \text{ gr/cm}^3 \\ \rho_s &= \text{Berat volume sedimen (gr/cm}^3) &= 1,91 \text{ gr/cm}^3 \\ \tan \theta &= \text{Kemiringan dasar sungai} &= 0,41 \text{ (41\%)} \\ \tan \phi &= \text{Koefisien gesekan dalam sedimen} &= 30,45^\circ \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_d &= \frac{\tan 0,14}{\left[\left(\frac{1,91}{1}\right)-1\right](\tan 30,45-\tan 0,41)} &= 0,013543 \\ \alpha &= \frac{0,6}{0,6-0,013543} &= 1,02309 \\ Q_d &= 1,02309 \times 97,890 &= 100,1457 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Untuk bangunan penahan sedimen, debit banjir yang dimasud adalah debit banjir yang terjadi akibat gabungan massa air dan massa sedimen yang terbawa oleh air tersebut. Sehingga didapatkan debit puncak aliran debris sebesar 98,639 m<sup>3</sup>/dt.

#### 4.3.2 Volume Aliran Debris

$$\begin{aligned} V_d &= 500 \times Q_d \\ &= 500 \times 100,1457 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= 50072,85 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan lebar maksimum aliran debris sebesar :

$$\begin{aligned} B_d &= \varepsilon \times Q_p^{0,5} \\ &= 5 \times 97,890^{0,5} \\ &= 49,468 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.4 Perencanaan Sabo Dam

##### 4.4.1 Perencanaan Tinggi Efektif Main Dam

Berdasarkan fungsi sabo dam, maka tinggi efektif main dam direncanakan pada ketinggian tertentu untuk menghasilkan kemiringan dasar sungai stabil, tetapi kadang sulit untuk memperoleh ketinggian yang sesuai dengan yang diinginkan dikarenakan tinggi tebing disebelah kiri atau kanan sungai tidak memungkinkan untuk mendapatkan tinggi yang tepat. Oleh sebab itu dikarenakan tinggi tebing tidak sesuai dengan yang diharapkan maka tinggi main dam didasarkan pada tinggi tebing disebelah kiri atau kanan sungai yang ada di lokasi yaitu berada dibawah tinggi tebing agar apabila tumpangan sedimen telah penuh aliran air masih mampu ditampung oleh alur sungai.

Berikut adalah data ukur geometri sungai yang didapat dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Bali – Penida dan hasil survey di lapangan adalah sebagai berikut:

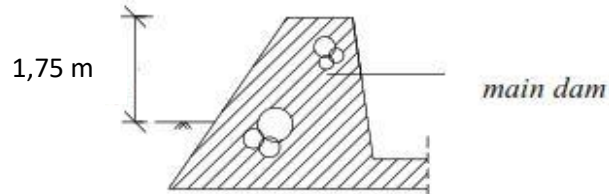
- Elevasi dasar sungai di lokasi + 1037.84 m
- Elevasi tebing sungai sebelah kiri +1040.12 m
- Elevasi tebing sungai sebelah kanan + 1039.54 m
- Kemiringan dasar Sungai Intermitten (berdasarkan hasil survey) adalah 41% = 0,41

Karena tebing sebelah kiri sungai memiliki elevasi +1040,12 m, maka dasar untuk penentuan tinggi *main dam* adalah tinggi tebing disebelah kiri sungai antara lain sebagai berikut:

$$\text{Perbedaan tinggi tebing dan dasar sungai} = \text{Elevasi tebing sungai} - \text{Elevasi}$$

$$\begin{aligned} & \text{dasar sungai di lokasi.} \\ & = 1040,12 - 1037,84 \\ & = 2,28 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi main dam harus berada dibawah tinggi tebing sungai, oleh karena itu tinggi main dam direncanakan 1,75 m.



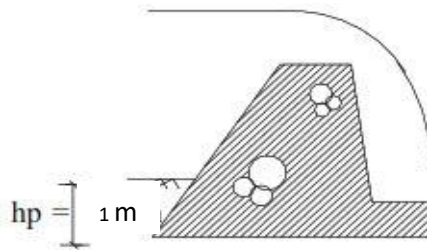
Gambar 4.8 Tinggi Efektif Main Dam

Keterangan :

$$h_m = \text{tinggi efektif main dam (m)}$$

#### 4.4.2 Kedalaman Pondasi *Main Dam*

Sketsa kedalaman pondasi main dam dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 4.9 Sketsa Kedalaman Pondasi Main Dam

Untuk perhitungan kedalaman pondasi *main dam* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$h_p = (1/3 \text{ s.d } 1/4) (h_w + h_m)$$

Keterangan :

$$h_w = \text{tinggi air diatas peluap (m)} = 1,25 \text{ m}$$

$$h_m = \text{tinggi efektif main dam} = 1,75 \text{ m}$$

$$h_p = \text{kedalaman pondasi main dam (m)}$$

$$h_p = (1/3 \text{ s.d } 1/4) (1,25 + 1,75)$$

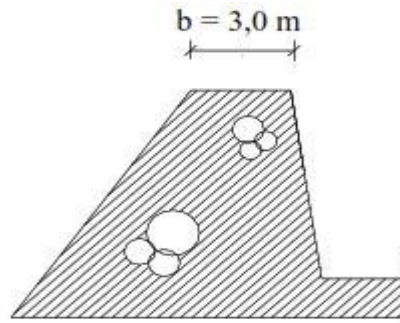
$$h_p = 0,75 \text{ s.d } 1,00 \text{ diambil } 1,00$$

$$h_p = \text{diambil } 1 \text{ m karena material dasar di lokasi merupakan batuan keras (hard rock)}$$

Sehingga dari hasil perhitungan diatas kedalaman pondasi *main dam* diambil 1 meter.

#### 4.4.3 Tebal Mercu Peluap *Main Dam*

Tebal mercu peluap harus diperhitungkan terhadap segi stabilitas dan kemungkinan kerusakan akibat hidraulik aliran debris. Mercu berbentuk ambang lebar. Untuk penentuan lebar mercu peluap *main dam* digunakan 3,0 m karena aliran yang melewatinya merupakan aliran debris.



Gambar 4.10 Sketsa Tebal Mercu Peluap *Main Dam*

Keterangan :

b = lebar peluap

#### 4.4.4 Kemiringan Tubuh *Main Dam*

Kemiringan pada main dam terdiri dari kemiringan pada hulu dan hilir, dimana kemiringan pada hilir lebih kecil dari pada kemiringan pada hulu, hal ini berfungsi untuk menghindari benturan akibat batu-batuan yang melimpas dari peluap *main dam* yang dapat menyebabkan abrasi pada bagian hilir *main dam*.

Selain hal tersebut, kemiringan hilir sangat mempengaruhi kestabilan dari *main dam*

##### a. Kemiringan Hilir

Kemiringan hilir tubuh *main dam* didasarkan pada kecepatan kritis air dan material yang melewati peluap yang akan diteruskan jatuh bebas secara gravitasi ke lantai terjun. Kemiringan hilir *main dam* diambil sebesar 1 : 0,2

##### b. Kemiringan Hulu

Kemiringan main dam di hulu 1 : m digunakan rumus :

Untuk  $H < 15$  m :

$$(1 + \alpha)m^2 + (2(n + \beta) + n(4\alpha + \gamma) + 2\alpha \cdot m - (1 + 3\alpha) + \alpha\beta(4n + \beta) + (3n\beta + \beta^2 + n^2)) = 0$$

Keterangan :

$$\alpha = hw/H$$

$$\beta = b/h$$

$$\gamma = \rho d / \rho w$$

$$\delta = \rho s / \rho w$$

$$\epsilon = h s / H$$

Dimana :

n = angka kemiringan dam bagian hilir = 0,2

m = angka kemiringan dam bagian hulu

b = lebar puncak dam (m) = 3,0 m

H = tinggi dam = hm + hp = 2,75 m

h<sub>w</sub> = tinggi muka air pelimpah (m) = 1,25

H<sub>s</sub> = tinggi endapan sedimen (m) = 2,0 m

ρ<sub>d</sub> = berat jenis material dam/ beton = 2,35 t/m<sup>3</sup>

ρ<sub>w</sub> = berat jenis air dalam aliran debris = 1,0 t/m<sup>3</sup>

ρ = berat jenis sedimen = 1,8 t/m<sup>3</sup>

ρ<sub>s</sub> = berat jenis sedimen dalam aliran debris = 1,1 t/m<sup>3</sup>

p = void ratio dari sedimen = 0,3

C<sub>e</sub> = koefisien tekanan tanah/ endapan sedimen = 0,4

K = koefisien gempa = 0,12

μ = koefisien gaya angkat air = 0,3

Dari kedua perhitungan diatas dipilih nilai m yang paling besar agar sabo dam menjadi lebih stabil.

$$\alpha = \frac{1,25}{2,75} = 0,45$$

$$\beta = \frac{3,0}{2,75} = 1,09$$

$$\gamma = \frac{2,35}{1,0} = 1,35$$

$$\delta = \frac{1,1}{1,0} = 1,1$$

$$\epsilon = \frac{2,0}{2,75} = 0,73$$

Selanjutnya dimasukkan kedalam rumus diatas :

$$(1+0,45)m^2 + [2(2+1,09) + 0,2(4 \times 0,45 + 1,35) + (2 \times 0,45)m] - (1+3 \times 0,45) + (0,45 \times 1,09)(4 \times 0,2 + 1,09) + (3 \times 0,2 \times 1,09 + 1,09^2 + 0,2^2) = 0$$

#### 4.4.5 Dasar Dam

Berdasarkan nilai b, n, m dan H, maka lebar dasar *main dam* dapat dianalisis sebagai berikut :

$$B = n \times H + b + mH$$

Keterangan :

B = lebar dasar (m)

H = tinggi main dam (m)

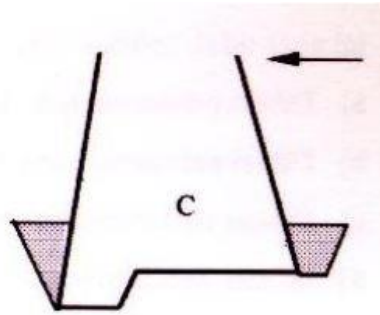
b = lebar puncak dam (m)

m = kemiringan bagian hulu

n = kemiringan bagian hilir

B = sadadas

Jadi bentuk pondasi untuk mengurangi gaya angkat akibat aliran debris maka bentuk dasar dam yang dipilih adalah :



Gambar 4.11 Bentuk Dasar Dam

#### 4.4.6 Pelimpah Dam

##### A. Perencanaan Lebar Peluap *Main Dam*

Untuk menghitung lebar peluap *main dam* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$B_1 = \alpha \sqrt{Qd}$$

Keterangan :

$B_1$  = lebar peluap (m)

$\alpha$  = koefisien daerah aliran sungai ditentukan berdasarkan luas daerah aliran sungai

$Qd$  = debit banjir rencana bersedimen ( $m^3/dtk$ ) =  $Q_{50} \times (1 + \alpha)$

Untuk menghitung debit banjir bersedimen maka terlebih dahulu ditentukan debit banjir rencana ( $Q_{50}$ ) dan rasio konsentrasi sedimen ( $\alpha$ ). Berdasarkan perhitungan debit banjir rencana kala ulang 50 tahun sebesar  $97,89 m^3/dtk$ . Rasio konsentrasi sedimen/ aliran debris ( $\alpha$ ) adalah  $50\% = 0,5$ . Jadi besar debit banjir rencana bersedimen adalah sebagai berikut :

$$Qd = Q_{50} \times (1 + \alpha)$$

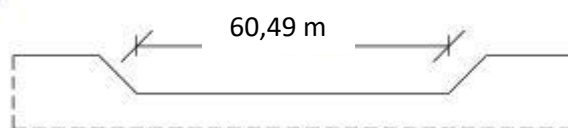
$$= 97,89 \times (1 + 0,5)$$

$$= 146,835 m^3/dtk$$

$\alpha$  = koefisien limpasan (5,0 untuk luas DAS  $1,39 km^2$ )

$$B_1 = 5\sqrt{146,38}$$

$$= 60,49 m$$



Gambar 4.12 Sketsa Lebar Peluap *Main Dam*

## B. Tinggi Limpasan Diatas Peluap

Pada umumnya, kemiringan tebing pelimpah ( $z$ ) = 0,5 dan 1,0

- Untuk  $z = 0,5$  ( $\alpha = 63,4^\circ$ ) maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_d = (1,77B_1 + 0,71h_w)h_w^{3/2}$$

- Untuk  $z = 1,0$  ( $\alpha = 45^\circ$ ) maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_d = (1,77B_1 + 1,42h_w)h_w^{3/2}$$

Keterangan :

$$Q_d = \text{debit aliran debris (m}^3/\text{dtk)} = 149,38 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$B_1 = \text{lebar peluap (m)} = 60,49 \text{ m}$$

$$B_2 = \text{lebar muka diatas peluap (m)} = (B_1 + 2m \cdot h_w)$$

$$m = \text{kemiringan tepi pelimpah} = 0,5$$

$$h_w = \text{tinggi air diatas peluap (m)}$$

- Untuk  $z = 0,5$

$$Q_d = (1,77B_1 + 0,71h_w)h_w^{3/2}$$

$$149,38 = (1,77 \times 60,49 + 0,71h_w)h_w^{3/2}$$

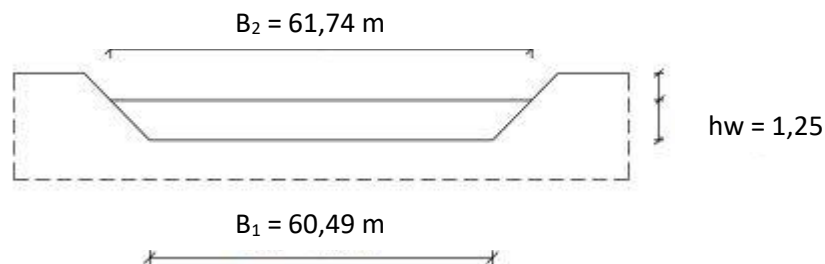
$$149,38 = (107,068 + 0,71 h_w)h_w^{3/2}$$

Dari hasil *trial and error* didapat nilai  $h_w = 1,25$  m

$$B_2 = (B_1 + 2 \cdot m \cdot h_w)$$

$$= (60,49 + 2 \times 0,5 \times 1,25)$$

$$= 61,74 \text{ m}$$



Gambar 4.13 Sketsa Lebar Peluap dan Tinggi Limpasan *Main Dam*

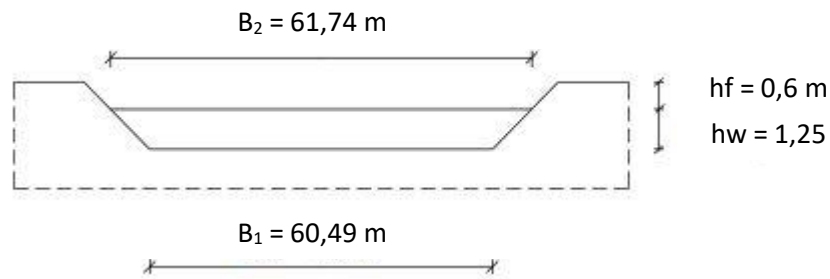
## C. Tinggi Jagaan (hf)

Tinggi jagaan diperhitungkan untuk menghindari meluapnya aliran air ke samping sungai.

Tinggi jagaan diperhitungkan berdasarkan ketinggian banjir rencana.

Berdasarkan Tabel 2.13 tinggi jagaan ditentukan sebesar 0,6 m sebagai berikut :





Gambar 4.14 Sketsa Lebar Peluap, Tinggi Limpasan dan Tinggi Jagaan Main Dam

#### 4.4.7 Sayap Dam

##### A. Tebal Sayap

Sayap dam harus kuat menahan benturan batu-batu dalam aliran debris. Tebal sayap diambil sama dengan tebal mercu peluap yaitu 3,0 m

##### B. Tinggi Sayap

Tinggi sayap sangat tergantung pada tebal endapan sedimen dibagian hulu dan stabilitas dam utama. Tinggi sayap dam ditentukan menggunakan rumus berikut ini :

$$h = h_w + h_f$$

Keterangan :

$h$  = tinggi sayap dam (m)

$h_w$  = tinggi limpasan diatas peluap (m) = 1,25 m

$h_f$  = tinggi jagaan (m) = 0,6 m

Jadi tinggi sayap adalah sebagai berikut :

$$h = 1,25 + 0,6 = 1,85 \text{ m}$$

##### B. Kemiringan Sayap

Sayap dam berfungsi sebagai tembok penahan endapan sedimen disekitar tebing sungai agar terangkut oleh aliran debris. Kemiringan penampang melintang sayap dam harus sama atau lebih curam dari kemiringan melintang tebing sungai. Hal ini dimaksudkan, apabila terjadi aliran debris yang besar dimana kapasitas terlmpah terlampaui, maka aliran tersebut tetap dapat mengalir secara terarah.

##### C. Penetrasi Sayap

Kedalaman tepi sayap yang masuk ke tebing sungai tergantung pada kondisi geologi tebing sungai. Jadi berdasarkan kondisi dilapangan lapisan pada tebing sungai adalah pasir campur kerikil, maka kedalaman sayap adalah 2,0 m

##### D. Keamanan Sayap Dam

Faktor keamanan sayap harus diperhitungkan karena sayap dam harus kuat menahan benturan batu-batu dalam aliran debris. Faktor keamanan sayap ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$F_s = (Re/Pe) > 1,25$$

Dalam hal ini,

$$Re = 0,5 \cdot b \cdot h$$

$$Pe = \alpha^{3,2} \cdot n$$

$$n = 1/m$$

$$\alpha = \left( \frac{Ud^2}{4 \cdot n \cdot b \cdot m_b} \right)^{0,4}$$

Keterangan :

$F_s$  = faktor keamanan

$Re$  = daya tahan terhadap benturan

$Pe$  = daya benturan efektif

$b$  = tebal sayap (m) = 3,0 m

$h$  = tinggi sayap (m) = 1,85 m

$U_d$  = kecepatan gerak batu-batu (cm/dtk) = 277,8 cm/dtk

$\alpha$  = *hollow length* tubuh dam

$m_b$  = massa batu-batu aliran debris (kg.cm/dt<sup>2</sup>) = 2650 kg.cm/dt<sup>2</sup>

$n_b$  = koefisien massa batu-batu aliran debris = 1/2650 = 0,0004

Sehingga :

$$\begin{aligned} \alpha &= \left( \frac{Ud^2}{4 \cdot n \cdot b \cdot m_b} \right)^{0,4} \\ &= \left( \frac{Ud^2}{4 \times 0,0004 \times 2650} \right)^{0,4} = 98,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Re &= 0,5 \times b \times h \\ &= 0,5 \times 3 \times 1,85 = 2,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pe &= \alpha^{3,2} \times n_b \\ &= 98,6^{3,2} \times 0,0004 \\ &= 1,22 \end{aligned}$$

$$F_s = (Re/Pe) > 1,25$$

$$F_s = 2,27 > 1,25$$

Karena nilai  $F_s$  lebih besar dari 1,25 maka sayap aman terhadap benturan.

#### 4.4.8 Lubang Drainase

Fungsi dari lubang drainasi antara lain sebagai berikut :

- a) Untuk membiarkan sementara waktu alur sungai sebagaimana aslinya, sehingga pada pekerjaan penggalian dan pekerjaan beton dapat dengan mudah dikerjakan, terutama pada elevasi dasar sungai. Jumlah, bentuk dan dimensi lubang drainasi tergantung pada kondisi dan lebar dasar sungai. Untuk sabo dam yang tinggi, lubang drainasi dibuat bertingkat-tingkat untuk mengendalikan endapan sedimen selama berlangsungnya pekerjaan konstruksi. Bentuk lubang drainasi pada umumnya dibuat persegi empat.
- b) Untuk membuang air yang ada pada endapan sedimen yang hulu dam agar tekanan air berkurang. Dalam hal ini dimensi lubang drainasi lebih kecil dan selain berbentuk segi empat dapat juga berbentuk lingkaran. Untuk membentuk lingkaran dapat digunakan buis beton
- c) Untuk membiarkan sedimen mengalir/tidak tertahan agar sabo dam tetap kosong, karena sabo dam direncanakan untuk aliran debris dimasa yang akan datang. Dalam hal ini, dimensi lubang drainasi harus memperhitungkan diameter material sedimen/ batu yang boleh lolos.
- d) Umumnya lebar lubang drainasi diambil 0,5 – 1,0 m

Dalam pembuatan lubang drainasi harus diperhatikan, bahwa jarak lubang drainasi dari puncak dam/dasar pelimpah minimal 1,5 m.

Jadi, dalam perencanaan sabo dam ini diambil lebar lubang drainase 0,75 m.

#### 4.4.9 Sub Dam

##### A. Lebar dan Tebal Peluap *Sub Dam*

Lebar dan tebal peluap *sub dam* direncanakan sesuai dengan perhitungan lebar dan tebal *main dam*. Lebar peluap sub dam direncanakan sebesar 50 m dan tebal mercu peluapnya 3,0 m

##### B. Tinggi Sub Dam

Tinggi sub dam direncanakan sebagai berikut :

$$H_2 = (1/3 \text{ s.d } 1/4) (h_m + h_p)$$

Keterangan :

$$H_2 = \text{tinggi mercu sub dam dari lantai terjun}$$

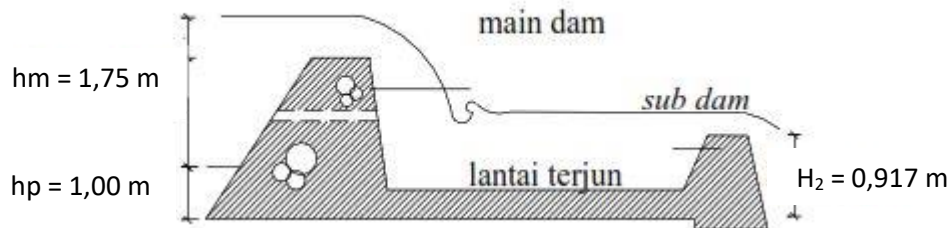
$$h_m = \text{tinggi efektif main dam (m)} = 1,75 \text{ m}$$

$$h_p = \text{kedalaman pondasi main dam (m)} = 1 \text{ m}$$

$$H_2 = (1/3 \text{ s.d } 1/4) (1,75 + 1) = 0,687 \text{ s.d } 0,917$$

Tinggi sub dam digunakan 0,917 m

$$h_w = 1,25 \text{ m}$$



Gambar 4.15 Sketsa Main Dam, Lantai Terjun dan Sub Dam

#### B. Kedalaman Pondasi *Sub Dam*

Berdasarkan Tabel 2.14 maka kedalaman pondasi *sub dam* adalah 1 m karena pada lokasi perencanaan sabo dam material penyusun lapisan tanah adalah batuan keras (*hard rock*)

#### 4.4.10 Apron

##### A. Tebal Apron

Tebal lantai kerja diperhitungkan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$d = c \times (0,6 h_m + (3 \times h_w) - 1)$$

Keterangan :

$d$  = tebal lantai terjun (m)

$c$  = koefisien untuk pelindung air

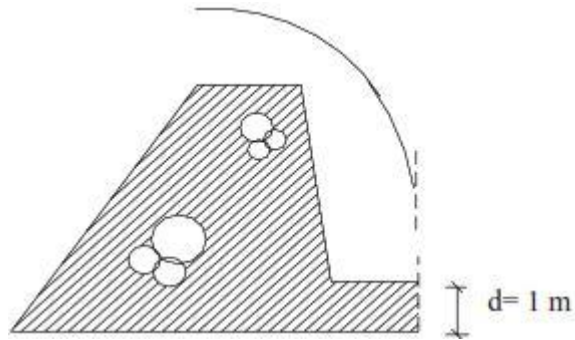
0,1 bila menggunakan pelindung

0,2 bila tanpa pelindung

$$h_m = \text{tinggi main dam (m)} = 1,75 \text{ m}$$

$$h_w = \text{tinggi air diatas mercu main dam (m)} = 1,25 \text{ m}$$

$$d = 0,2 (0,6 \times 1,75 + (3 \times 1,25) - 1) = 0,76 = 1,00 \text{ m}$$



Gambar 4.16 Sketsa Tebal Lantai Terjun

### B. Panjang Apron

Panjang lantai terjun dibatasi oleh jarak antara *main dam* dan *sub dam* dimana rumus perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L = (1,5 \text{ s.d } 2,0) (H_1 + h_w)$$

Keterangan :

$L$  = jarak antara *main dam* dan *sub dam* (m)

$H_1$  = beda tinggi antara mercu main dam sampai permukaan lantai terjun (m)

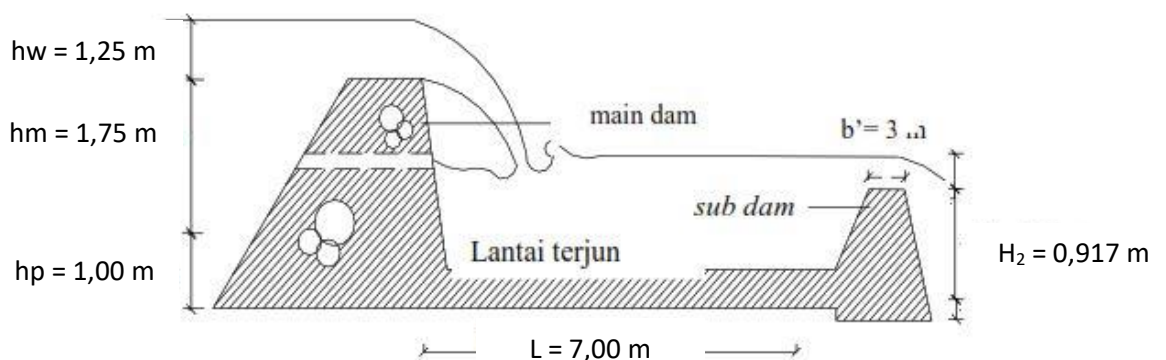
2,75 m

$h_w$  = tinggi muka air diatas mercu *main dam* (m) = 1,25 m

Sehingga :

$$L = (1,5 \text{ s.d } 2,0) (2,75 + 1,25) = 6,00 \text{ m s.d } 8,00 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diambil 7,00 m



Gambar 4.17 Sketsa Main Dam, Lantai Terjun dan Sub Dam

### C. Dinding Apron

Dinding apron berfungsi sebagai pelindung tebing sungai di hilir dam utama agar tidak terkikis oleh olakan aliran yang jatuh dari pelimpah. Pada ujung hulu, jarak antara kedua kaki dinding apron harus lebih lebar dari lebar atas pelimpah, hal ini dimaksudkan agar dinding apron

tidak tertimpa material aliran debris pada saat banjir besar. Pada ujung hilir lebar apron mengecil, hal ini dimaksudkan agar aliran mengarah ke tengah sungai atau kearah yang direncanakan. Kemiringan dinding apron pada umumnya sama dengan kemiringan pelimpah (1:0,5)

#### 4.4.11 Stabilitas Sabo Dam

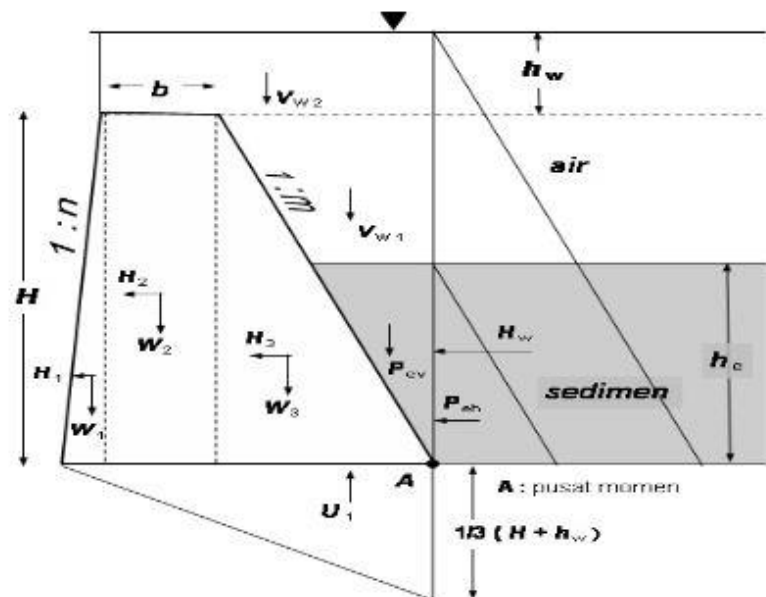
Stabilitas sabo dam harus diperhitungkan dalam dua keadaan yaitu pada saat banjir dan kondisi normal. Stabilitas sabo dam tergantung pada gaya-gaya yang bekerja pada bangunan sabo dam tersebut, seperti gaya sebagai berikut :

1. Gaya akibat berat sendiri konstruksi
2. Gaya akibat tekanan air statis dan dinamis
3. Gaya akibat tekanan endapan sedimen
4. Gaya akibat tekanan air keatas (*uplift pressure*)
5. Gempa bumi
6. Daya dukung tanah

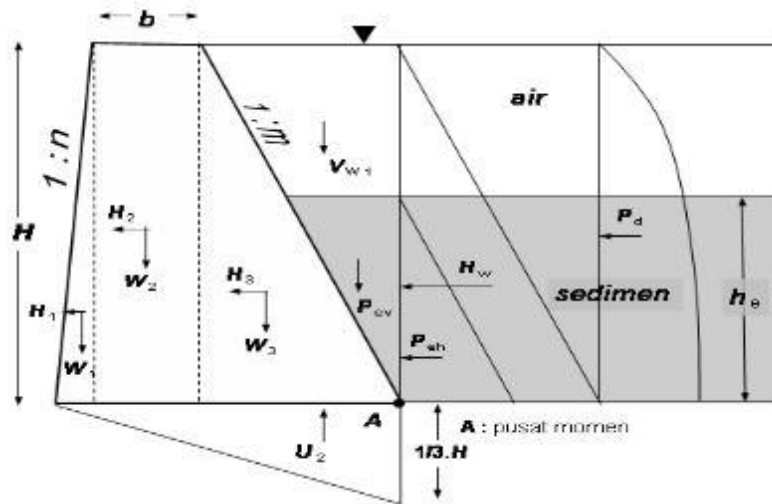
Akibat pengaruh gaya-gaya tersebut maka tubuh *main dam* harus dalam kondisi aman antara lain terhadap :

- Guling
- Geser
- Penurunan (*settlement*)

Dimana pada analisa stabilitas sabo dam ini angka keamanan harus melebihi dari yang disyaratkan agar bangunan dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 4.18 Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Pada Saat Banjir



Gambar 4.19 Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Pada Saat Normal

Gaya yang bekerja pada saat kondisi banjir dan kondisi normal dapat diperhitungkan antara lain sebagai berikut :

Tabel 4.20 Data Perencanaan Sabo Dam

No	Keterangan	Notasi	N
1	Kemiringan hilir sabo dam	$n$	0.2
2	Lebar puncak sabo dam	$b$	3.00
3	Tinggi sabo dam	$H$	2.75
4	Tinggi endapan sedimen	$h_e$	2,0 m
5	Koefisien tekanan tanah/ sedimen	$C_e$	0.4
6	Koefisien tekanan air dinamis	$C_m$	0.3
7	Porositas tanah	$P$	0.3
8	Berat jenis sedimen kering	$\rho'$	1.8 t/m <sup>3</sup>
9	Berat jenis sedimen dalam air	$\rho_e$	1.1
10	Berat jenis air	$\rho_w$	1
11	Tinggi muka air pada pelimpah	$h_w$	1.25 m
12	Koefisien gaya angkat air	$\mu$	0.3
13	Koefisien gempa	$K$	0.12
14	Berat jenis material sabo dam/ pasangan batu/ beton	$\rho_c$	2.4 t/m <sup>3</sup>
15	Koefisien geser dalam material sabo dam/ pasangan batu/ beton	$f_e$	0.8
16	Koefisien geser dalam lapisan tanah pondasi	$f_r$	0.7
17	Tekanan kompresi material sabo dam/ pasangan batu/ beton yang diijinkan	$s_c$	400 t/m <sup>2</sup>
18	Tensil material sabo dam/ pasangan batu/ beton yang diijinkan	$t_c$	10 t/m <sup>2</sup>
19	Tegangan geser material sabo dam/ pasangan batu/ beton yang diijinkan	$S_c$	50 t/m <sup>2</sup>
20	Daya dukung tanah pondasi yang diijinkan	$\sigma_c$	200 t/m <sup>2</sup>
21	Tegangan geser lapisan tanah pondasi	$S_r$	50 t/m <sup>2</sup>
		$\alpha$	0.45
		$\beta$	1.09
		$\gamma$	1.35
		$\sigma$	1.1
		$\varepsilon$	0.73

Tabel 4.21 Gaya Vertikal Pada Kondisi Banjir

Notasi	Gaya Vertikal	Lengan Momen	V x L	Keterangan
	(ton) (V)	(m) (L)		
W total	15.98	3.12	49.82	Berat Sendiri
V w1	2.75	0.66	1.82	Tekanan
V w2	5.19	3.42	17.78	Tekanan Air
P ev	1.55	0.66	1.03	Tekanan Air
U1	3.27	1.17	3.83	Tekanan <i>Uplift</i>
$\Sigma V1$	<b>28.75</b>	$\Sigma My1$	<b>74.28</b>	

Tabel 4.22 Gaya Vertikal Pada Kondisi Normal

Notasi	Gaya Vertikal	Lengan Momen	V x L	Keterangan
	(ton) (V)	(m) (L)		
W1	1.02	5.05	5.16	Berat Sendiri
W2	11.13	3.42	38.10	Berat Sendiri
W3	2.65	1.27	3.36	Berat Sendiri
V w1	2.65	0.64	1.68	Tekanan Sedimen
P ev	1.55	0.66	1.03	Tekanan Air
U1	3.27	1.81	5.91	Tekanan <i>Uplift</i>
$\Sigma V2$	<b>22.27</b>	$\Sigma My2$	<b>55.24</b>	

Tabel 4.23 Gaya Horizontal Saat Kondisi Banjir

Notasi	Gaya Horizontal	Lengan Momen	V x L	Keterangan
	(ton) (H)	(m) (L)		
H1	0.12	0.91	0.11	Tekanan Air
H2	1.34	1.38	1.84	Tekanan Air
H3	0.43	0.91	0.39	Tekanan
H w1	1.55	0.48	0.74	Tekanan Air
P eh	0.62	0.66	0.41	Tekanan Endapan Sedimen
$\Sigma H1$	<b>4.06</b>	$\Sigma Mx1$	<b>3.49</b>	

Tabel 4.24 Gaya Horizontal Saat Kondisi Normal

Notasi	Gaya Horizontal	Lengan Momen	V x L	Keterangan
	(ton) (H)	(m) (L)		
H1	0.12	0.91	0.11	Tekanan Air
H2	1.34	1.38	1.84	Tekanan Air
H3	0.43	0.91	0.39	Tekanan
H w2	1.06	0.33	0.35	Tekanan Air
P eh	0.62	0.66	0.41	Tekanan Air
Pd	0.36	0.33	0.12	Tekanan
$\Sigma H2$	<b>3.93</b>	$\Sigma Mx2$	<b>3.22</b>	



## 1. Stabilitas Terhadap Guling

Perhitungan stabilitas sabo dam terhadap guling digunakan persamaan sebagai berikut :

$$1/3L < X < 2/3L \text{ (aman)}$$

$$L = nH + b + mH$$

$$X = \frac{\Sigma Mx + \Sigma My}{\Sigma V}$$

- **Saat kondisi banjir**

$$L = (0,2 \times 2,75) + 3,0 + (0,7 \times 2,75) = 5,475 \text{ m}$$

$$X = \frac{74,28 + 3,49}{28,75} = 2,70$$

Maka stabilitas terhadap guling :

$$1/3L < X < 2/3L$$

$$1,80 < 2,70 < 3,65 \text{ (aman)}$$

- **Saat kondisi normal**

$$L = (0,2 \times 2,75) + 3,0 + (0,7 \times 2,75) = 5,475 \text{ m}$$

$$X = \frac{55,24 + 3,22}{22,27} = 2,$$

Maka stabilitas terhadap guling :

$$1/3L < X < 2/3L$$

$$1,80 < 2,62 < 3,65 \text{ (aman)}$$

## 2. Stabilitas Terhadap Geser

Angka keamanan suatu sabo agar tidak tergerus/ tergelincir dari kedudukannya dapat dihitung dengan mengadopsi rumus Henny sebagai berikut :

$$N = \frac{Sr \cdot L + Fr \cdot \Sigma V}{\Sigma H}$$

dimana :

N = angka kemanan tidak tergelincir

V = gaya-gaya vertical yang bekerja dalam sabo dam dalam unit lebar (t/m)

H = gaya-gaya horizontal yang bekerja dalam sabo dan (t/m)

L = Lebar dasar sabo dam (m)

Sr = *shearing strength* lapisan tanah atau batuan yang diijinkan 50 t/m<sup>2</sup>

Fr = koefisien friction lapisan tanah/ batuan (t/m) = 0,7 t/m<sup>2</sup>

Untuk sabo dam dengan H > 15 m, nilai N > 4,0. Sedangkan untuk sabo dam dengan H < 15, Nilai N > 2,0. Maka nilai N yang digunakan adalah 2,5.

- **Saat kondisi banjir**

Maka stabilitas terhadap geser

$$N = \frac{Sr.L + Fr. \Sigma V}{\Sigma H}$$

$$N = \frac{50.5,475 + 0,7.28,75}{4,06}$$

$$= 72,38 > 2,5 \text{ (aman)}$$

- **Saat kondisi normal**

Maka stabilitas terhadap geser

$$N = \frac{Sr.L + Fr. \Sigma V}{\Sigma H}$$

$$N = \frac{50.5,475 + 0,7.22,27}{3,93}$$

$$= 73,62 > 2,5 \text{ (aman)}$$

## 2. Stabilitas Terhadap Kompresi dan Daya Dukung Tanah

Dalam perhitungan stabilitas terhadap kompresi dan daya dukung tanah dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{hilir} = \frac{\Sigma V}{L} \times \left(1 + \frac{6.e}{L}\right)$$

$$\sigma_{hulu} = \frac{\Sigma V}{L} \times \left(1 - \frac{6.e}{L}\right)$$

$$e = X - \frac{1}{2} \times L$$

Stabilitas aman apabila kompresi  $\sigma_{hilir} < \sigma_c$ , dimana  $\sigma_c = 400 \text{ t/m}^2$

Stabilitas aman terhadap daya dukung jika  $\sigma_{hilir} < \sigma_c$ , dimana  $\sigma_c = 200 \text{ t/m}^2$

- **Saat kondisi banjir**

Maka stabilitas terhadap kompresi dan daya dukung tanah :

$$e = 2,67 - \frac{1}{2} \times 5,475 = -0,0675$$

$$\sigma_{hilir} = \frac{28,75}{5,475} \times \left(1 + \frac{6.e}{5,475}\right) = 4,862 \text{ t/m}^2 < 200 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{hulu} = \frac{28,75}{5,475} \times \left(1 - \frac{6.e}{5,475}\right) = 5,639 \text{ t/m}^2 < 200 \text{ t/m}^2$$

Hasil analisa menunjukkan stabilitas saat kondisi banjir adalah aman.

- **Saat kondisi normal**

Maka stabilitas terhadap kompresi dan daya dukung tanah :

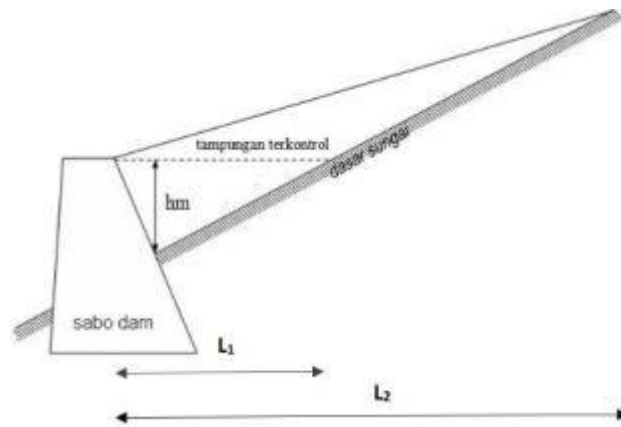
$$\sigma_{hilir} = \frac{22,27}{5,475} \times \left(1 + \frac{6.e}{5,475}\right) = 3,766 \text{ t/m}^2 < 200 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{hulu} = \frac{22,27}{5,475} \times \left(1 - \frac{6.e}{5,475}\right) = 4,368 \text{ t/m}^2 < 200 \text{ t/m}^2$$

Hasil analisa menunjukkan stabilitas saat kondisi normal adalah aman.

#### 4.5 Tampungannya Sedimen Sabo Dam dan Jarak Pengaruh Endapan

Untuk menghitung volume tumpangannya sedimen harus didasarkan pada topografi dan tinggi efektif bangunan penahan sedimen.



Gambar 4.20 Sketsa Melintang Sabo Dam

Keterangan :

- $I_0$  = Kemiringan sungai
- $I_1$  = Kemiringan seimbang statis
- $I_2$  = Kemiringan seimbang dinamis
- $hm$  = tinggi efektif *sabo dam*

Tampungannya sedimen terjadi apabila kemiringan seimbang statis sudah terbentuk dan terjadi pada banjir yang besar. Besarnya kemiringan  $I_1$  dan  $I_2$  adalah sebagai berikut :

$$I_1 = 2/3 I_0$$

$$I_2 = 3/4 I_0$$

Rumus yang digunakan untuk menghitung volume tumpangannya :

- Volume tumpangannya sedimen statis

$$V_s = \frac{1}{2} \left( \frac{h^2 \cdot B}{I_0 - 0,67 \cdot I_0} \right)$$

- Volume tumpangannya sedimen dinamis

$$V_d = \frac{1}{2} \left( \frac{h^2 \cdot B}{I_0 - 0,75 \cdot I_0} \right)$$

Keterangan :

$V_s$  = Kapasitas tumpangannya sedimen statis ( $m^3$ )

$V_d$  = Kapasitas tumpangannya sedimen dinamis ( $m^3$ )

$hm$  = Tinggi main dam (m)

$B$  = Lebar sungai tempat kedudukan bangunan

Untuk jarak pengaruh endapan sedimen ditentukan menggunakan rumus berikut ini :

$$L_1 = \frac{Hm}{(I_0 - I_1)}$$

$$L_2 = \frac{Hm}{(I_0 - I_2)}$$

Keterangan :

$L_1$  = Panjang endapan sedimen statis (m)

$L_2$  = Panjang endapan sedimen dinamis (m)

hm = Tinggi efektif main dam (m)

$I_0$  = Kemiringan sungai

$I_1$  = Kemiringan seimbang statis

$I_2$  = Kemiringan seimbang dinamis

Dari pemaparan rumus diatas maka tumpungan sedimen dapat dihitung sebagai berikut:

Dengan menggunakan *Google Earth* kemiringan rata-rata sungai pada lokasi bangunan Sabo Dam adalah 6% dengan jarak tinjauan 1075 m dan beda elevasi 3 m dengan lebar rata-rata sungai adalah 65 m

- Volume tumpungan sedimen statis

$$V_s = \frac{1}{2} \left( \frac{h^2 \cdot B}{l_0 - 0,67 \cdot l_0} \right)$$

$$V_s = \frac{1}{2} \left( \frac{2,75^2 \times 41}{0,06 - 0,67 \times 0,06} \right)$$

$$= 7829,86 \text{ m}^3$$

- Volume tumpungan sedimen statis

$$V_d = \frac{1}{2} \left( \frac{h^2 \cdot B}{l_0 - 0,75 \cdot l_0} \right)$$

$$V_d = \frac{1}{2} \left( \frac{2,75^2 \times 41}{0,06 - 0,75 \times 0,06} \right)$$

$$= 10335,417 \text{ m}^3$$

Berikut perhitungan jarak pengaruh sedimen,

$$L_1 = \frac{2,75}{(0,06 - 0,04)} = 1145,864 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{2,75}{(0,0 + 0,04)} = 68,75 \text{ m}$$

Setelah mendapatkan volume tumpungan sabo selanjutnya diperkirakan jumlah sabo. Dam yang akan dibangun berdasarkan volume sedimen bernamfing dengan volume tumpungan sedimen di kesuluruhan/ tumpungan sedimen dinamis ( $V_d$ ) 50072,85

$$n = \frac{\text{Jumlah sedimen yang dikendalikan}}{\text{Kapasitas Tumpungan}}$$

$$n = \frac{50072,85}{10335,417} = 4,84 = 5 \text{ buah}$$

Hasil analisa tampungan sedimen untuk sabo dam memerlukan 5 buah sabo dam untuk menanggulangi sedimen dari aliran debris flow.

## 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil survey dan pengamatan langsung di lapangan serta analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa akibat dari aliran *debris flow* (banjir bandang) yang datang dari lereng Gunung Agung mengakibatkan desa yang terletak di kaki gunung tersebut pada beberapa tempat tertimbun oleh material tanah dan batuan, sehingga studi ini mencoba untuk mengendalikan aliran debris yang terjadi, salah satu bentuk pengendalian yang dapat dilakukan adalah dengan merencanakan sabo dam sederhana dan ditempatkan pada titik-titik yang rawan terjadinya aliran debris, dari hasil analisis yang dilakukan dapat disimpulkan sesuai rumusan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Besar debit banjir rencana pada Sungai Intermitten dengan menggunakan Metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun, 1000 tahun secara berturut-turut yaitu 68,23 m<sup>3</sup>/dt; 86,37 m<sup>3</sup>/dt; 92,25 m<sup>3</sup>/dt; 96,17 m<sup>3</sup>/dt; 97,89 m<sup>3</sup>/dt; 98,62 m<sup>3</sup>/dt; 99,11 m<sup>3</sup>/dt; 99,85 m<sup>3</sup>/dt. Menurut *Technical Standarts and Guideliness For Sabo Engineering (2010)* mensyaratkan debit yang digunakan sebagai dasar mendesain Sabo Dam adalah debit banjir rencana dengan periode kala ulang 50 tahun. Jadi debit banjir rencana hasil perhitungan dengan periode ulang 50 tahun yaitu 97,89 m<sup>3</sup>/dt.
2. Hasil Perencanaan bangunan Sabo Dam didapat :
  - Hasil Perencanaan main dam berupa: tinggi *main dam* 2,75m; kedalaman pondasi 1,0 m; lebar peluap *main dam* 60,47 m; tebal mercu peluap main dam 3,0 m dengan kemiringan badan *main dam* arah hulu 0,5 dan arah hilir 0,2.
  - Hasil perencanaan sub sabo dam berupa: tinggi *sub sabo dam* 0,917 m; tebal mercu *sub sabo dam* 3,0 m dengan kemiringan badan *sub sabo dam* arah hulu 0,5 dan arah hilir 0,2
  - Hasil perencanaan lantai apron berupa : panjang lantai apron 7m dengan tebal lantai 1 m
3. Hasil perhitungan estimasi biaya daya tampung sedimen tetap/ volume tampungan sedimen statis sebesar 7829,86 m<sup>3</sup> dan estimasi daya tampung sedimen keseluruhan/ volume sedimen dinamis sebesar 10335,417 m<sup>3</sup>. Sehingga estimasi daya tampung sedimen yang harus digunakan adalah daya tampung sedimen keseluruhan (Vd) dikurangi jumlah daya tampung tetap (Vs) sebesar 2505.58 m<sup>3</sup>. Selanjutnya perlu dibangun 4 buah sabo dam untuk menampung sedimen sebanyak 50072,85 m<sup>3</sup>.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah penulis melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melihat sangat kompleksnya permasalahan sedimen dan perilakunya, maka penanggulangan terhadap kemungkinan terjadinya banjir lahar di daerah Sungai Intermitten harus memperhatikan kondisi, karakteristik dan perilaku sedimen lebih spesifik.
2. Perencanaan bangunan pengendali sedimen hendaknya dibangun dengan memperhatikan kontur serta kondisi di lapangan.

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

**Luaran Wajib:** Pada Tahun I, terbit di Jurnal Internasional indexing Scopus SJR Q3, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) , SJR Q3, Volume 10, Issue 11, November 2019, pp. 11-18, Article ID: IJCIET\_10\_11\_002 Available online at <http://www.iaeme.com/ijciyet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=11> ISSN Print: 0976-6308 and ISSN Online: 0976-6316 © IAEME Publication.

“DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT BASED ON RESISTIVITY VALUE AND GEOLOGICAL ANALYSIS IN ABANG MOUNTAIN, GEOPARK BATUR, BALI”

**Luaran lainnya:** Tahun 1,

1. Terpublikasi pada konferensi Internasional “2nd Warmadewa University International Conference On Architecture and Civil Engineering Design, Infrastructure, And Tourism Development pada 17 Oktober 2019, Widya Sabha Utama Warmadewa University Denpasar-Bali. Judul: “INFRASTRUCTURE MITIGATION OF DEBRIS FLOW IN THE SLOPE OF MOUNT ABANG, KINTAMANI, BALI”
2. Konferensi Nasional Teknik Sipil 13 (Konteks13) seluruh Indonesia di Banda Aceh, 19-20 September 2019. Judul: “ANALISIS POTENSI LONGSOR ROMBAKAN (DEBRIS FLOW) DENGAN PEMODELAN ALIRAN DI LERENG GUNUNG ABANG, KINTAMANI, BALI”

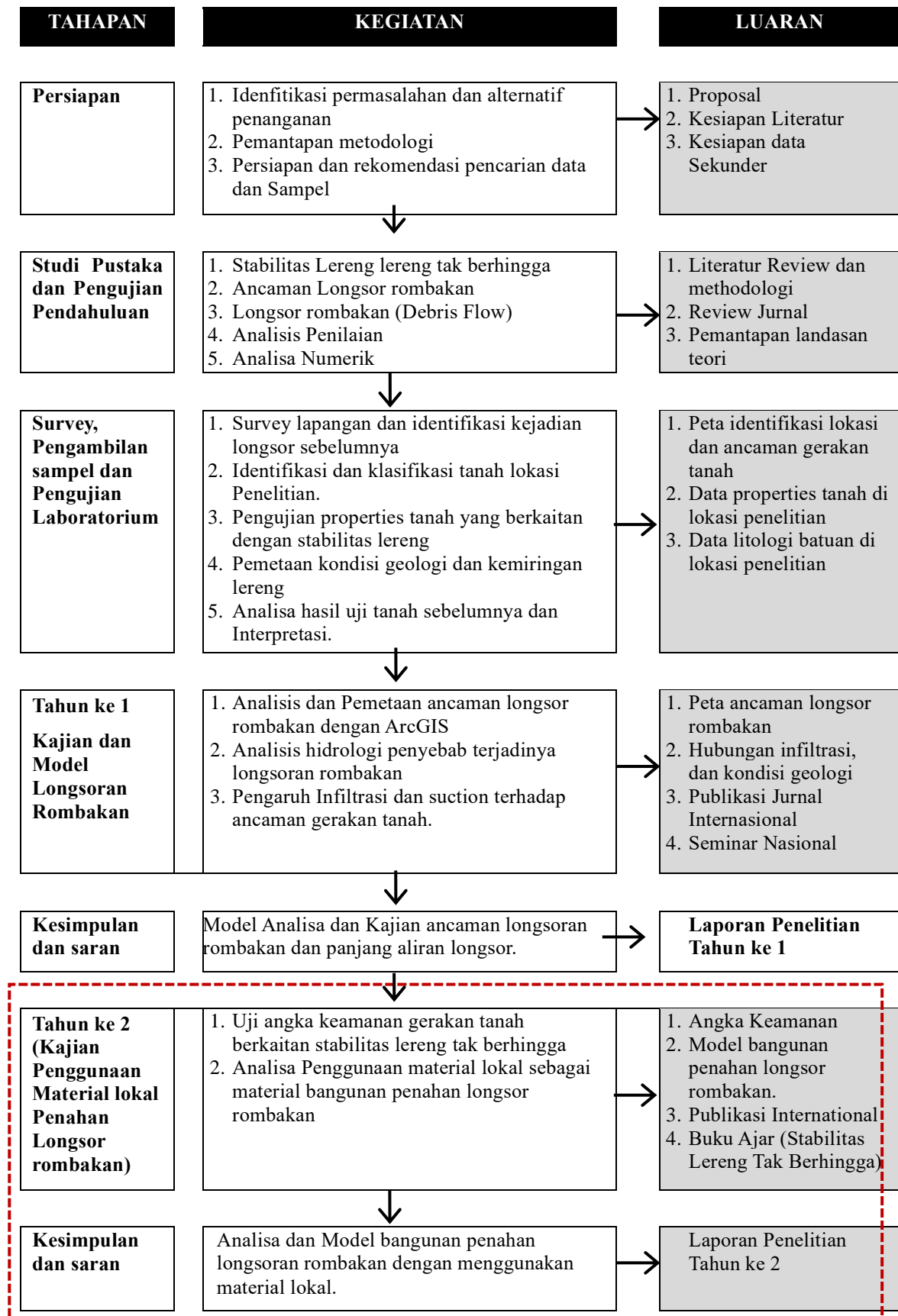
**E. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Tidak ada

**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Penulisan penelitian pada prinsip tidak mengalami kendala yang berat, kendala hanya saat memilih tempat publikasi internasional, karena hasil penelitian tidak bisa segera dapat dibuat menjadi artikel yang padat dan terbaru. Publikasi jurnal internasional sampai tahap diterima atau terbit relatif membutuhkan waktu 4-7 bulan sehingga diperlukan penelitian dan kajian lebih awal sedangkan dana serta pengumuman resmi dari LPM terjadi lebih belakang.

**G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.





**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Bemmelen, R.W.V., 1949. *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Batavia: Government Printing Office, The Hague 1949.
2. Sinarta, I.N., Rifa'i, A., Fathani, T.F. and Wilopo, W., 2016. Indeks Ancaman Gerakan Tanah Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata Di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli, Bali. *Seminar Nasional KonsepSi#2 (Konsep dan Implementasi 2)*, 1, pp.110–120.
3. Cruden, D.M. dan Vernes, D.J., 1996. *Landslide Types and Processes*. In: T.R. Board, ed., *Landslides: Investigation and mitigation*.
4. Hardiyatmo, H.C., 2012. *Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
5. [Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S. dan Boyce, G.M., 2002. *Slope Stability and Stabilization Methods*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
6. Crosta, P. Dal Negro, and P. Frattini, 11 January 2002, Soil slips and debris flows on terraced slopes, *Natural Hazards and Earth System Sciences* (2003) 3: 31–42 ©European Geosciences Union 2003.
7. Tomatsu Takahashi, 2007, *Debris flow Mechanics, Prediction and Countermeasures*, Taylor & Francis/Balkema P.O. Box 447, 2300 AK Leiden, The Netherlands
8. Winter.Mike G, 2016, *A Strategic Approach to Debris Flow Risk Reduction on the Road Network*, *Advances in Transportation Geotechnics 3 . The 3rd International Conference on Transportation Geotechnics (ICTG 2016)*, Volume 143, 2016, Pages 759–768.
9. Pradel, D. dan Raad, G., 1994. Effect of Permeability on Surficial Stability of Homogeneous Slopes. *Journal of Geotechnical Engineering*, 119, No.2.
10. Cho, S.E. dan Lee, S.R., 2002. Considering Rainfall Characteristics. Evaluation of surficial stability for homogeneous slopes considering rainfall characteristics, 128(9), pp.756–763.
11. Xie, M., Esaki, T. dan Cai, M., 2004. A time-space based approach for mapping rainfall-induced shallow landslide hazard. *Environmental Geology*, 46(6–7), pp.840–850.
12. Fathani, T.F., Wilopo, W., Karnawati, D. dan Legono, D., 2014. Penerapan Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Bencana Longsor dan Aliran Debris di Indonesia. In: *Seminar Nasional: Penguatan Ketangguhan Indonesia Melalui Pengurangan Risiko Bencana*, 26 November 2014 Yogyakarta. pp.97–105.
13. Fathani, T.F., Karnawati, D. dan Wilopo, W., 2016. An integrated methodology to develop a standard for landslide early warning systems. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(9), pp.2123–2135.
14. Chaithong, T., 2017. Analysis of Extreme Rainfall-Induced Slope Failure Using a Rainfall

- Infiltration-Infinite Slope Analysis Model. *International Journal of Geomate*, 13(35), pp.156–165.
15. Watanabe, K., Yamanaka, T., Haijoko, A., Saitra, C. dan Warmada, I.W., 2010. Caldera Activities in North Bali, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Applied Geology*, 2(3), pp.283–290.
  16. Sinarta, I.N., Rifa'i, A., Fathani, T.F. dan Wilopo, W., 2016. Geotechnical Properties and Geologi Age on Characteristics of Landslides Hazards of Volcanic Soils in Bali, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 11(26), pp.2595–2599.
  17. Sinarta, I.N., Rifa'i, A., Fathani, T.F. and Wilopo, W., "Slope Stability Assessment Using Trigger Parameters and SINMAP Methods on Tamblingan-Buyan Ancient Mountain Area in Buleleng Regency, Bali," *Geosciences*, vol. 7, no. 4, p. 110, 2017.
  18. Sinarta, I.N., Rifa'i, A., Fathani, T.F. and Wilopo, W., "Landslide Hazards Due To Rainfall Intensity in the Caldera of Mount Landslide Hazards Due To Rainfall Intensity in," 1st Warmadewa Univ. Int. Conf. Archit. Civ. Eng. Sustain. Des. Cult. 20th Oct. 2017, Fac. Eng. Warmadewa Univ. Bali LANDSLIDE, vol. 1, pp. 160–167, 2017.
  19. Hadiwidjojo, P.M., Samodra, H. dan Amin, T., 1998. *Peta Geologi Lembar Bali*, Nusa Tenggara. Bandung.
  20. Sutawidjaja, I.S., 2009. Ignimbrite Analyses of Batur Caldera , Bali , based on 14 C Dating. *Indonesian Journal on Geoscience*, [online] 4(3), pp.189–202. Available at: <<http://ijog.bgl.esdm.go.id>>
  21. Meisina, C. dan Scarabelli, S., 2007. A comparative analysis of terrain stability models for predicting shallow landslides in colluvial soils. *Geomorphology*, 87(3), pp.207– 223.
  22. Dragičević, S., Lai, T. dan Balram, S., 2014. GIS-based multicriteria evaluation with multiscale analysis to characterize urban landslide susceptibility in data-scarce environments. *Habitat International*, 45(P2), pp.114–125.
  23. Hardiyatmo, H.C., 2014. *Mekanika Tanah 2*. edisi:5 ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
  24. Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering rock mass classifications : a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. Engineering rock mass classifications : a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering.

Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Publikasi Ilmiah Jurnal Internasional

Target: accepted/published

Dicapai: Published

Dokumen wajib diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen sudah diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen belum diunggah:

-

Nama jurnal: DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT BASED ON RESISTIVITY VALUE AND GEOLOGICAL ANALYSIS IN ABANG MOUNTAIN, GEOPARK BATUR, BALI

Peran penulis: first author | EISSN: 0976 - 6316

Nama Lembaga Pengindek: Scopus

URL jurnal: <http://www.iaeme.com/ijciyet/index.asp>

Judul artikel: DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT BASED ON RESISTIVITY VALUE AND GEOLOGICAL ANALYSIS IN ABANG MOUNTAIN, GEOPARK BATUR, BALI

Tahun: 2019 | Volume: 10 | Nomor: 11

Halaman awal: 11 | akhir: 18

URL artikel:

<http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=11>

DOI: IJCIET\_10\_11\_002

# **DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT BASED ON RESISTIVITY VALUE AND GEOLOGICAL ANALYSIS IN ABANG MOUNTAIN, GEOPARK BATUR, BALI**

**I Nengah Sinarta**

Faculty of Engineering and Planning, Civil Engineering Department  
Warmadewa University, Indonesia

**Putu Ika Wahyuni**

Faculty of Engineering and Planning, Civil Engineering Department  
Warmadewa University, Indonesia

**Putu Aryastana**

Faculty of Engineering and Planning, Civil Engineering Department  
Warmadewa University, Indonesia

## **ABSTRACT**

*A detailed assessment of the landslide-prone area needs to be carried out with a combined knowledge of soil resistivity and geological analysis. The assessment method uses resistivity analysis with the Wenner configuration and geological analysis by observing rock outcrops on the slope. Resistivity rocks value the Abang Batudinding Village was prone to landslides because there were cavities with fairly weathered rocks, at depths of 2-3 meters. Terunyan Village the surface part was andesite rocks with high resistivity, and some consist of weathered rocks with rock at a depth of 3-3.5 meters. The slope-forming rock, on average of the Andesite Breccia, has a volume above 60% of weathering rocks or sedimentary rocks. Weathered Andesite breccias produce intensive cracks in the horizontal direction and are easily released. The analysis shows the research area has a very high risk of debris flow, especially when the intensity of rain is high where the soil water level increases, so that the pore water pressure increases too. The loose soil will be easier to release debris flow.*

**Keywords:** Debris flow, Andesite Breccia, Geological, Resistivity

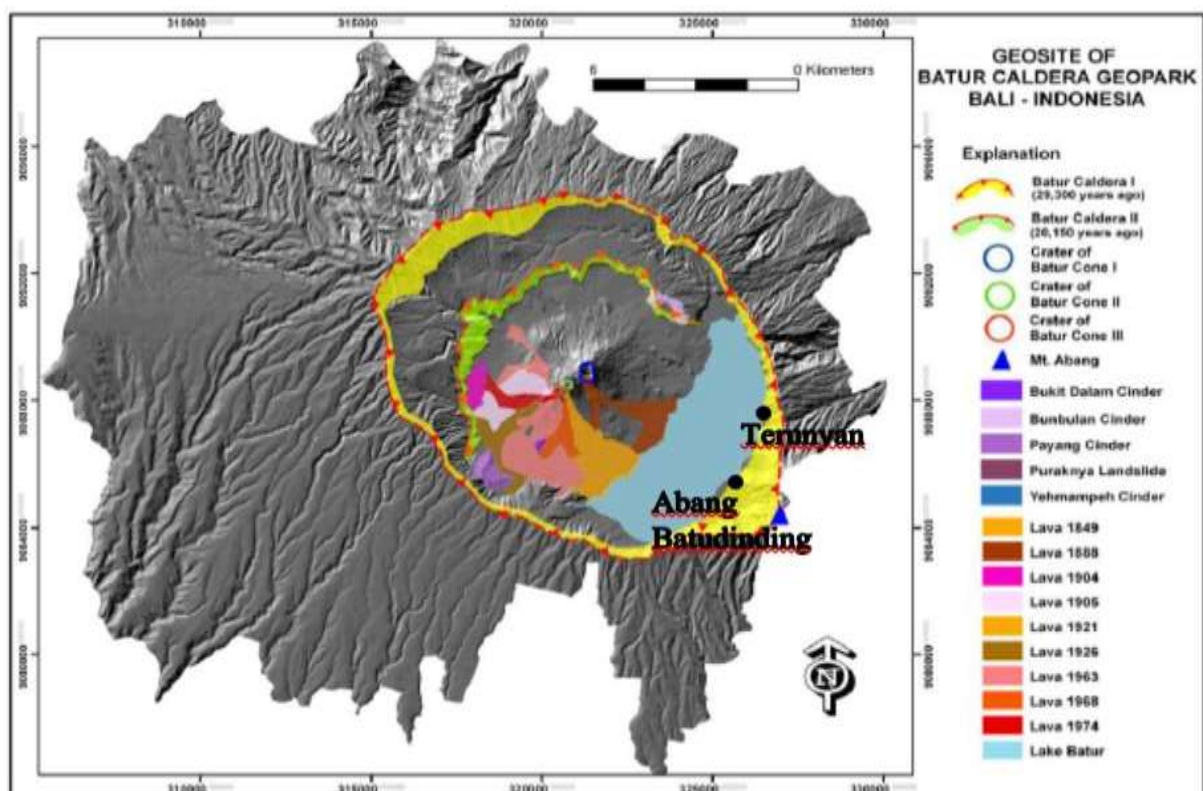
**Cite this Article:** I Nengah Sinarta, Putu Ika Wahyuni, Putu Aryastana, Debris Flood Hazard Assessment Based on Resistivity Value and Geological Analysis in Abang Mountain, Geopark Batur, Bali. *International Journal of Civil Engineering and Technology* 10(11), 2019, pp. 11-18.

<http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=11>

---

## 1. INTRODUCTION

Abang Batudinding Village and Terunyan Village were the tourist destination villages. The location of the village is in the mountain area precisely under the foot of the slope of Mount Abang. This area is part of the Mount Batur Geopark in Kintamani District, Bangli, Bali. The Batur caldera geopark measures about  $13.8 \times 10$  km, and another caldera structure was formed in the middle with a diameter of 7.5 km and a subsidiary of Mount Batur with the highest peak of +1,717 m [1]. Figure 1 shows the locations of Abang Batudinding Village and Terunyan Village within the Mount Batur Geopark, which was located between  $115^{\circ}13'43''$ , BT -  $115^{\circ}27'24''$  East and  $8^{\circ}08'30''$  LS -  $8^{\circ}3'07''$  'LS. The Mount Batur caldera geosite with lake Batur and lava abundance recorded from 1849 - 1974 (Figure 1), gives a uniqueness to the geological conditions. Mount Abang, as part of the geopark, is a parasitic volcano from ancient Batur Mountain, which was cut off in caldera formation. Evidence as a volcano was found in dike on walls and foot slopes [2].



**Figure 1.** Research Location at Mount Batur Geopark [3]

Abang Batudinding Village and Terunyan Village which is under the foot of the slope of Mount Abang, which is Mount Purba Batur, causes the area to be prone to landslides due to soil movement [4], [5]. Avalanches most often occur in the rainy season at moderate rainfall levels with an extended frequency [6]. Assessment of landslides hazards in Bangli Regency said most of the areas are in the lower boundary zone and the upper boundary of the landslide, while the most potential landslide zone occurred in Kintamani Subdistrict, which is around the Mount Batur caldera and the slope of Mount Abang with the number of landslide points 208 points and a small part is on the west side north of Bangli Regency [7]. Analysis of landslide stability using the Sinmap method in the area, the study shows that this area belongs to the upper and lower boundary zone of the landslide and approaches landslides with potential ground movement in the form of debris flow or flash floods [8].

Disaster risk management begins with disaster risk assessment and mapping. Learning towards communities in landslide-prone areas is carried out intensively to be able to assess hazards occurring visually [9]. Based on this investigation, soil resistivity values and geological analysis are carried out to determine the hazards of landslides, especially landslides.

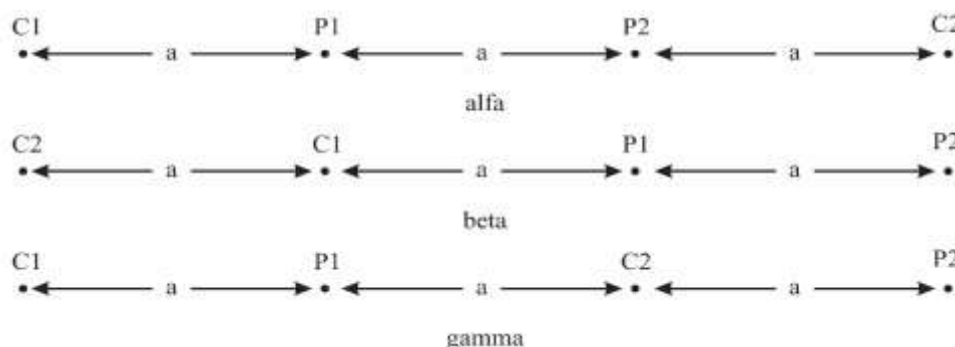
### 1.1. Geolistrik and Resistivity

Geoelectric resistivity is one method in geophysics that studies the electrical resistivity (resistivity) properties of a layer of rock beneath the earth's surface [10]. The type of rock layer can be known from the differences in the electrical properties of the rock by flowing electric current into the earth, and then the resistivity of each rock layer is calculated. The principle of this method is to measure variations in the conductance of vertical and horizontal electric currents as indicative of positions, boundaries, and apparent obstacles of various subsurface conditions. Materials that have high resistivity mean that it is increasingly difficult to pass an electric current. If the formation is porous and contains water, the resistivity will be low. Based on the sensitivity generated through Wenner testing can be correlated with the type of rock as in Table 1.

**Table 1.** Correlation of Rock and Sediment Resistivity [13]

Rock and Sediment Type	Resistivity value (ohm m)
Andesite	$4,5 \times 10^4 - 1,7 \times 10^2$
Sand stone	$1 - 6,4 \times 10^8$
Silty stone	$50 - 10^7$
Clay	$1 - 100$
Sand	$4 - 800$
Water	$1 - 100$

In this study, using the Wenner configuration provides alignment of four electrodes in a straight line with a constant distance, and therefore the apparent resistivity calculation assumes the same value. Varying the position of the electrodes is possible to get the three combinations shown with alpha, beta, and gamma shown in Figure 2 [11].



**Figure 2.** Wenner configuration

In Figure 3, it can be seen that C1 and C2 are the sources of electricity that will flow, then P1 and P2 are receivers of power, with  $a$  being the distance of delivery. Geometric factors due to alpha, beta, and gamma configurations can be seen in Equation 1 for an alpha, Equation 2 for a beta, Equation 3 for gamma.

$$k_{w\alpha} = 2\pi a \quad (1)$$

$$k_{w\beta} = 6\pi a \quad (2)$$

$$k_{w\gamma} = 3\pi a \quad (3)$$

The investigation is the ability of the electrode configuration to map the maximum depth that can penetrate. To get the maximum depth that can be assigned, multiply the electrode spacing "a" maximum or the length of the maximum stretch of "L" by the depth factor. Horizontal data coverage is the ability of the electrode configuration to produce large amounts of data in the lateral/horizontal direction, and this capability is instrumental in 2D surveys [12].

## 1.2. Geological

The map of the geological conditions of the Mount Batur caldera region was shown in Figure 3. Based on the geological map of the Bali sheet [14], the rocks making up this area are breccias and lava originating from the Buyan-Bratan Ancient rock volcano group (Qpbb), which consists of tuffs and the volcanic deposits of Buyan-Beratan and Batur volcanoes which are in the upper quarters. Geological formations that are in the lower quarters are around Mount Batur, including Mount Abang, which is vomit rock from the ancient Buyan-Bratan volcano and Ancient Batur. Around the slopes of Mount Batur there are younger rocks, which are volcanic rocks of Mount Batur.

Geological conditions prone to landslides consist of tuffs and andesite breccias which make up most of the mountainous terrain formed in the Pleistocene era with a dating of  $2.33 \pm 0.12$  million years to  $0.77 \pm 0.06$  million years, very easily eroded due to rain [15], [16].

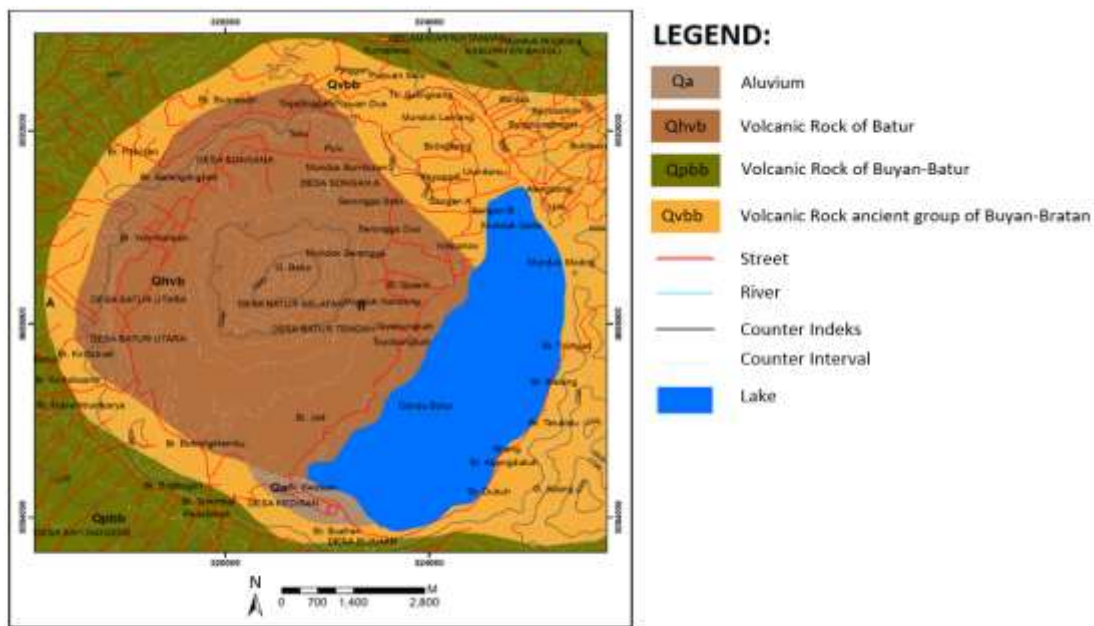
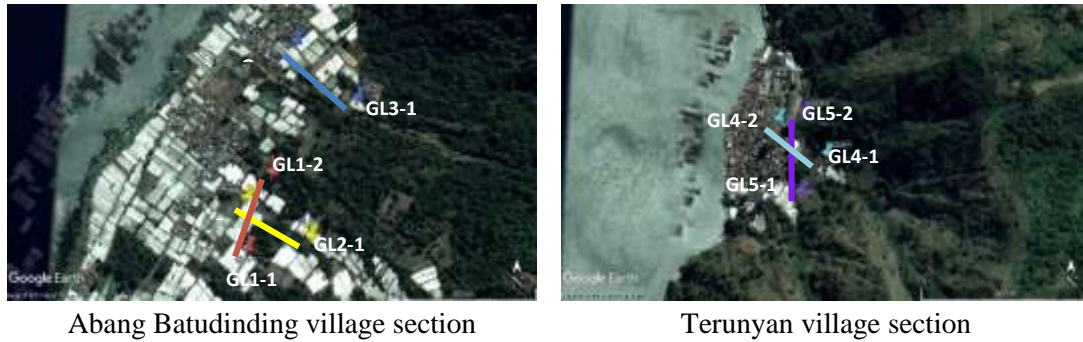


Figure 3. Geological map of Kintamani District

## 2. RESEARCH METHOD

This research was located in Terunyan Village, and Abang Batudinding Village, which is prone to landslides, identification of ground motion is carried out using the Geoelectric method with the alpha Wenner configuration to determine the type and thickness of the soil. In this study, five sections of geoelectric testing drawn, three sections were in Abang Batu Dinding Village, and two more sections were in Terunyan Village. The testing section can be seen in Figure 4 (a) and Figure 4 (b). The test results are then read in the data logger and exported to the computer as shown in Figure 5.

# Debris Flood Hazard Assessment Based on Resistivity Value and Geological Analysis in Abang Mountain, Geopark Batur, Bali



**Figure 4.** Soil resistivity section testing.

Based on Geological analysis sightings, and outcrops on slopes in the study area. The slope outcrops carried out a review of the types of constituent rocks and the composition of the constituent rocks, which is then conducted a study using the literature. As shown in Figure 6 is the outcrops of the slopes in the study area, most of the slopes exposed to weathered rock conditions with a composition of 60% volcanic breccia and as a small are still in fresh condition.

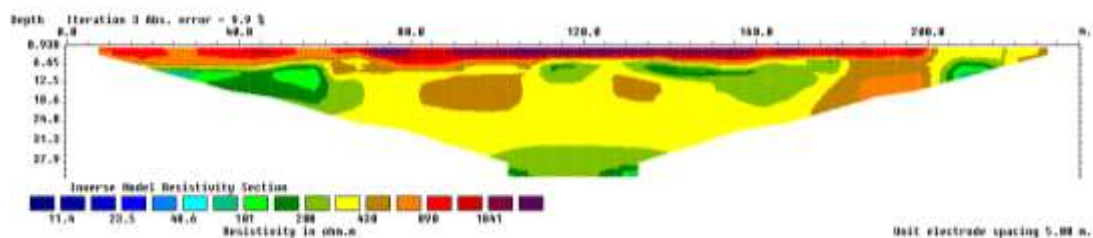


**Figure 5.** Slope outcrops in the study area

## 3. RESULTS AND ANALYSIS

### 3.1. Resistivity Test

Soil resistivity testing with geoelectric equipment at a distance of  $\pm 200$  Tests in Abang Batu Dinding Village (GL-1, GL-2, GL-3) can see in Figure 6, Figure 7, and Figure 8 and testing in Terunyan Village (GL-4, GL-5) in Figure 9 and Figure 10.



**Figure 6.** GL-1 Geoelectric Testing (East-Southwest)



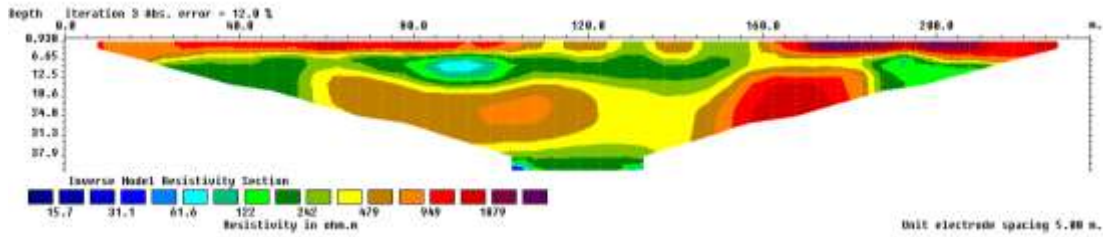


Figure 7. GL-2 Geoelectric Testing (Southeast-Northwest)

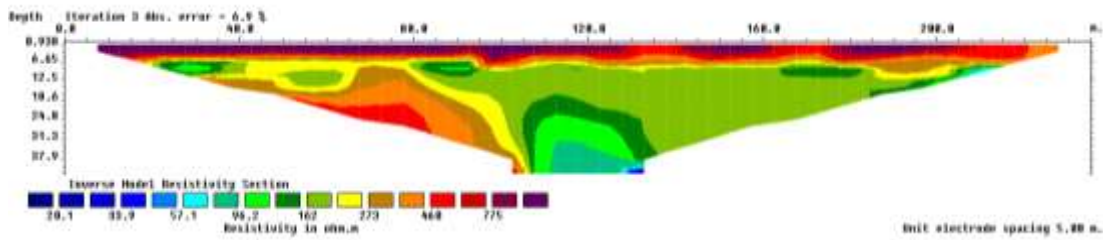


Figure 8. GL-3 Geoelectric Testing (Southeast-Northwest)

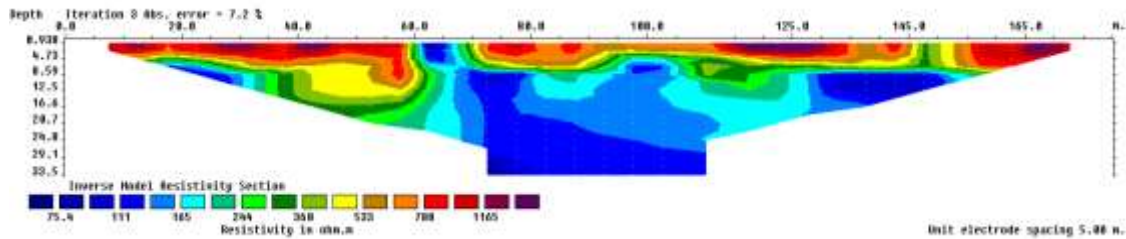


Figure 9. GL-4 Geoelectric Testing (Southeast-Northwest)

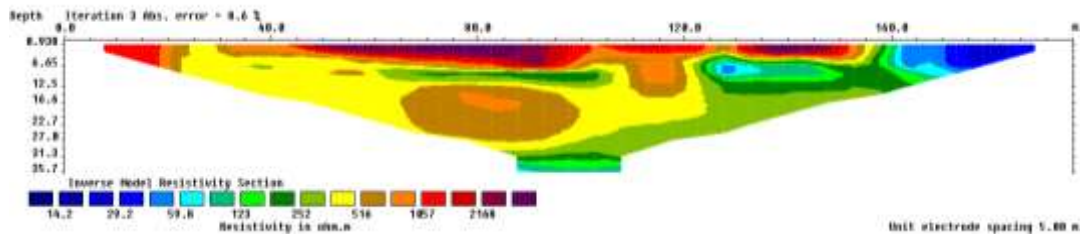


Figure 10. GL-5 Geolistrik testing (East-North)

Based on this test, it can see that soil conditions in the Abang Batudinding village area are dominated by yellow with a sensitivity value of  $\pm 516$  ohms m, then green with a resistivity range of  $\pm 252$  ohms m. There are red and brown colors which have a resistivity value ranging between  $\pm 516$  ohms m to  $\pm 1057$  ohms m. Based on the correlation value of the resistivity of the rocks, that the value given by the geoelectric test can be estimated that the soil layers are sand, sandstone, and andesite with different densities, in addition the field conditions show a surface layer consisting of sandy layers mixed with gravel and loose rock.

The test results in the Terunyan Village (GL-4, GL-%) resemble those in the Abang Batu Dinding Village, but in the GL-4 geoelectric test, there is a low geoelectric value, which is likely to be water or water movement. Data processing results also show that the Abang Batu Dinding Village area (GL-1, GL-2, and GL-3 trajectories) is an area prone to landslides because there are cavities with fairly weathered rocks, at a depth of 2-3 meters. Terunyan

Village, for the GL-4 track on the surface, is an andesite rock with high resistivity and the GL-5 track consists of weathered rocks with rocks at a depth of 3-3.5 meters.

### 3.2. Geology Analysis

Based on the analysis of Figure 4, the Bali-Nusa Tenggara sheet of Geological Map in terms of age shows that the geological formations of the Lower Quaternary age are around Mount Batur, including Mount Abang which is spit rock from the Buyan - Bratan Purba volcano and Purba Batur. The rocks from the Lower Miocene age to the upper part are estimated to be around the Kubu Region, which consists of volcanic breccias, lava, tuffs with limestone inserts, which is the Ulakan Formation (the oldest Formation in Bali).

Visual observations and interpretations such as Figure 5 show the slope outcrop that around the slopes of Mount Batur, there are younger rocks which are volcanic rocks of Mount Batur so that they have the potential of andesite stone, lava, and sand. Around the southeast edge of Lake Batur, there are colluvium deposits. This unit field appearance gives a fresh appearance (Figure 5.a). Still, there are also weathered features (Figure 5.b) where the average of the Andesite Breccia rocks has a volume above 60% of the weathering rocks. or sediment soil. Weathered Andesite breccias produce intensive cracks in the horizontal direction

## 4. CONCLUSIONS

Based on the research conducted, it can conclude that in general, the layers of soil in Abang Batudinding Village and Terunyan Village in the form of sandy silt, sandstone, and andesite. Abang Batudinding Village is an area that is prone to landslides because there are cavities with fairly weathered rocks, at a depth of 2-3 meters. Terunyan Village, for trajectories on the surface, is high resistivity andesite rocks, and some consist of weathered rocks with rocks at a depth of 3-3.5 meters. This layer of soil has the potential to experience landslides when it has a steep slope, plus the influence of rain that can cause erosion and water entry into crevices of sand and gravel so that it can encourage debris flow.

While the southern Batur caldera wall with constituent rocks comes from the rocks of the Buyan-Bratan and Batur volcanoes (Qpbb) consisting of rock sand too loose and porous silt sand, the slope-forming rock unit on average of the Andesite Breccia rocks has a volume above 60% of weathering rocks or sedimentary rocks. Weathered Andesite breccias produce intensive cracks in the horizontal direction. The condition of the soil tends to be quickly released so that with the intensity of moderate rainfall with a high frequency, it will cause ground movements in the form of a landslide.

Based on the results of the analysis of the value of soil resistivity and geological conditions in the study area is an area with a very high threat of landslides, especially when high rainfall intensity so that soil water content increases causing pore water pressure increases, the loose soil will be more easily released.

## REFERENCES

- [1] R. W. V. Bemmelen, *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Batavia: Government Printing Office, The Hague 1949, 1949.
- [2] M. Jakob and O. Hungr, *Debris-flow Hazards and Related Phenomena*, 1st ed., vol. 73. Chichester, UK: ISBN 3-540-20726-0 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2005.
- [3] I. S. Sutawidjaja, M. F. Rosana, and K. Watanabe, "Magma Chamber Model of Batur Caldera, Bali, Indonesia: Compositional Variation of Two Facies, Large-Volume Dacitic Ignimbrites," *Indones. J. Geosci.*, vol. 2, no. 2, pp. 111–124, 2015.

- [4] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Slope Stability Assessment Using Trigger Parameters and SINMAP Methods on Tamblingan-Buyan Ancient Mountain Area in Buleleng Regency, Bali," *Geosciences*, vol. 7, no. 4, p. 110, 2017.
- [5] T. Takahashi, *Debris flow Mechanics, Prediction and Countermeasures*. London, UK: Taylor & Francis/Balkema P.O. Box 447, 2300 AK Leiden, The Netherlands, 2007.
- [6] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Landslide Hazards Due To Rainfall Intensity in the Caldera of Mount Landslide Hazards Due To Rainfall Intensity in," *1st Warmadewa Univ. Int. Conf. Archit. Civ. Eng. Sustain. Des. Cult. 20th Oct. 2017, Fac. Eng. Warmadewa Univ. Bali LANDSLIDE*, vol. 1, pp. 160–167, 2017.
- [7] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Indeks Ancaman Gerakan Tanah Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata Di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli, Bali," *Semin. Nas. KonsepSi#2 (Konsep dan Implementasi 2)*, vol. 1, pp. 110–120, 2016.
- [8] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Pemetaan Ancaman Gerakan Tanah berdasarkan Indeks Stabilitas pada ekstensi SINMAP di Kabupaten Bangli, Bali," *Semin. Nas. Geotek. 2016 HATTI Yogyakarta*, vol. 1, 2016.
- [9] I. W. Ariyana and I. N. Sinarta, "Kapasitas Dukung Fondasi Diatas Tanah Timbunan Sampah Sebagai Usaha Mitigasi Bencana," in *Senats3 (Seminar Nasional Teknik Sipil)*, 2019, p. GT-25-35.
- [10] B. . Dobrin and C. H. Savit, *Introduction to Geophysical Prospecting*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, Inc., 1988.
- [11] M. Cozzolino, E. Di Giovanni, P. Mauriello, S. Piro, and D. Zamuner, *Geophysical Methods for Cultural Heritage Management*, 1st ed. Springer International Publishing, 2018.
- [12] M. H. Loke, "Tutorial: 2D and 3D electrical imaging surveys," 2002.
- [13] W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, 2nd ed. London, UK: Cambridge University Press, 2004.
- [14] P. Hadiwidjojo, H. Samodra, and T. Amin, "Map of Geology Sheet of Bali, Nusa Tenggara," Bandung, 1998.
- [15] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Geotechnical Properties and Geologi Age on Characteristics of Landslides Hazards of Volcanic Soils in Bali, Indonesia," *Int. J. GEOMATE*, vol. 11, no. 26, pp. 2595–2599, 2016.
- [16] I. N. Sinarta and A. A. G. Sumanjaya, "Kondisi geologi dan infiltrasi terhadap ancaman gerakan tanah pada batuan vulkanik di kaldera gunung batur," in *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke 12*, 2018, vol. 1, no. September, pp. 18–19.
- [17] I. N. Sinarta and I. W. A. Basoka, "Keruntuhan Dinding Penahan Tanah dan Mitigasi Lereng di Dusun Bantas, Desa Songan B, Kecamatan Kintamani," *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas*, vol. 3, no. 0, pp. 23–32, 2019.

Dokumen pendukung luaran Wajib #2

Luaran dijanjikan: Publikasi Ilmiah Jurnal Internasional

Target: accepted/published

Dicapai: Accepted

Dokumen wajib diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen sudah diunggah:

1. Naskah artikel

Dokumen belum diunggah:

-

Nama jurnal: DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT BASED ON RESISTIVITY VALUE AND GEOLOGICAL ANALYSIS IN ABANG MOUNTAIN, GEOPARK BATUR, BALI

Peran penulis: first author | EISSN: 0976 - 6316

Nama Lembaga Pengindek: Scopus

URL jurnal: <http://www.iaeme.com/ijciет/index.asp>

Judul artikel: DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT BASED ON RESISTIVITY VALUE AND GEOLOGICAL ANALYSIS IN ABANG MOUNTAIN, GEOPARK BATUR, BALI

Tahun: 2019 | Volume: 10 | Nomor: 11

Halaman awal: 11 | akhir: 18

URL artikel:

<http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=11>

DOI: IJCIET\_10\_11\_002

# **DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT BASED ON RESISTIVITY VALUE AND GEOLOGICAL ANALYSIS IN ABANG MOUNTAIN, GEOPARK BATUR, BALI**

**I Nengah Sinarta**

Faculty of Engineering and Planning, Civil Engineering Department  
Warmadewa University, Indonesia

**Putu Ika Wahyuni**

Faculty of Engineering and Planning, Civil Engineering Department  
Warmadewa University, Indonesia

**Putu Aryastana**

Faculty of Engineering and Planning, Civil Engineering Department  
Warmadewa University, Indonesia

## **ABSTRACT**

*A detailed assessment of the landslide-prone area needs to be carried out with a combined knowledge of soil resistivity and geological analysis. The assessment method uses resistivity analysis with the Wenner configuration and geological analysis by observing rock outcrops on the slope. Resistivity rocks value the Abang Batudinding Village was prone to landslides because there were cavities with fairly weathered rocks, at depths of 2-3 meters. Terunyan Village the surface part was andesite rocks with high resistivity, and some consist of weathered rocks with rock at a depth of 3-3.5 meters. The slope-forming rock, on average of the Andesite Breccia, has a volume above 60% of weathering rocks or sedimentary rocks. Weathered Andesite breccias produce intensive cracks in the horizontal direction and are easily released. The analysis shows the research area has a very high risk of debris flow, especially when the intensity of rain is high where the soil water level increases, so that the pore water pressure increases too. The loose soil will be easier to release debris flow.*

**Keywords:** Debris flow, Andesite Breccia, Geological, Resistivity

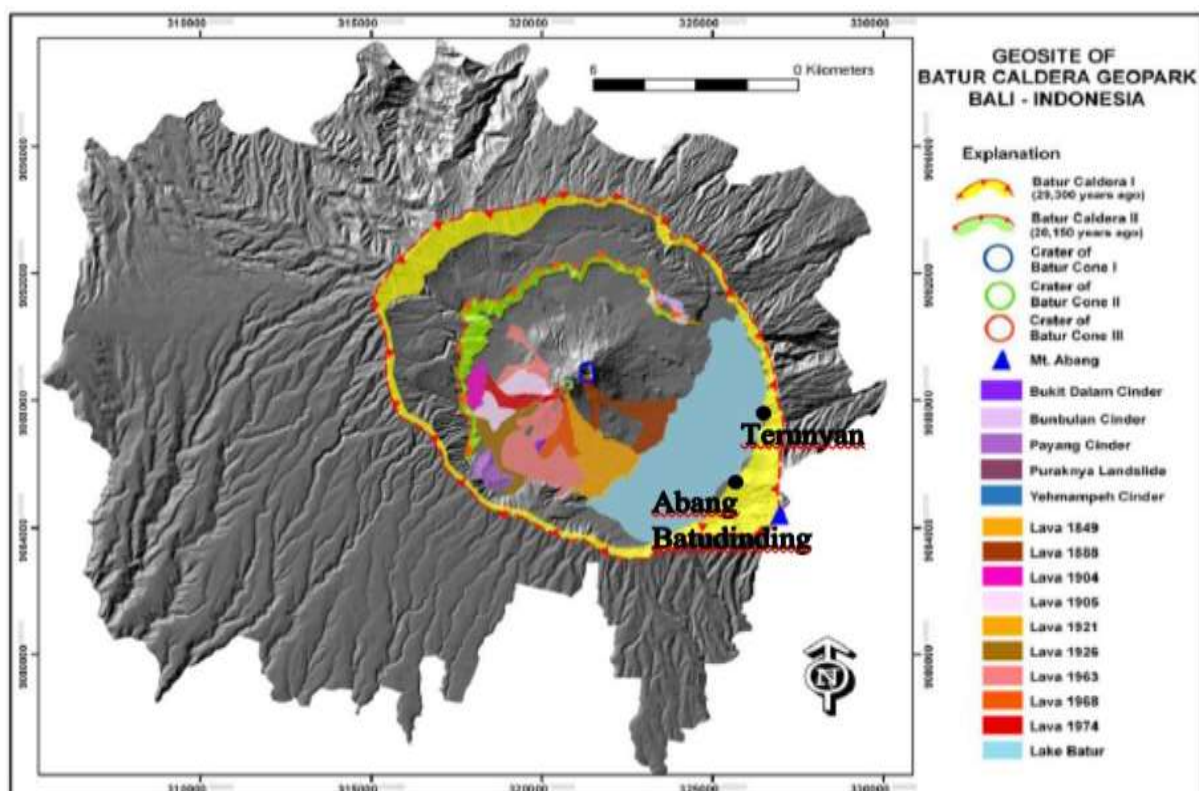
**Cite this Article:** I Nengah Sinarta, Putu Ika Wahyuni, Putu Aryastana, Debris Flood Hazard Assessment Based on Resistivity Value and Geological Analysis in Abang Mountain, Geopark Batur, Bali. *International Journal of Civil Engineering and Technology* 10(11), 2019, pp. 11-18.

<http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=11>

---

## 1. INTRODUCTION

Abang Batudinding Village and Terunyan Village were the tourist destination villages. The location of the village is in the mountain area precisely under the foot of the slope of Mount Abang. This area is part of the Mount Batur Geopark in Kintamani District, Bangli, Bali. The Batur caldera geopark measures about  $13.8 \times 10$  km, and another caldera structure was formed in the middle with a diameter of 7.5 km and a subsidiary of Mount Batur with the highest peak of +1,717 m [1]. Figure 1 shows the locations of Abang Batudinding Village and Terunyan Village within the Mount Batur Geopark, which was located between  $115^{\circ}13'43''$ , BT -  $115^{\circ}27'24''$  East and  $8^{\circ}08'30''$  LS -  $8^{\circ}3'07''$  'LS. The Mount Batur caldera geosite with lake Batur and lava abundance recorded from 1849 - 1974 (Figure 1), gives a uniqueness to the geological conditions. Mount Abang, as part of the geopark, is a parasitic volcano from ancient Batur Mountain, which was cut off in caldera formation. Evidence as a volcano was found in dike on walls and foot slopes [2].



**Figure 1.** Research Location at Mount Batur Geopark [3]

Abang Batudinding Village and Terunyan Village which is under the foot of the slope of Mount Abang, which is Mount Purba Batur, causes the area to be prone to landslides due to soil movement [4], [5]. Avalanches most often occur in the rainy season at moderate rainfall levels with an extended frequency [6]. Assessment of landslides hazards in Bangli Regency said most of the areas are in the lower boundary zone and the upper boundary of the landslide, while the most potential landslide zone occurred in Kintamani Subdistrict, which is around the Mount Batur caldera and the slope of Mount Abang with the number of landslide points 208 points and a small part is on the west side north of Bangli Regency [7]. Analysis of landslide stability using the Sinmap method in the area, the study shows that this area belongs to the upper and lower boundary zone of the landslide and approaches landslides with potential ground movement in the form of debris flow or flash floods [8].

Disaster risk management begins with disaster risk assessment and mapping. Learning towards communities in landslide-prone areas is carried out intensively to be able to assess hazards occurring visually [9]. Based on this investigation, soil resistivity values and geological analysis are carried out to determine the hazards of landslides, especially landslides.

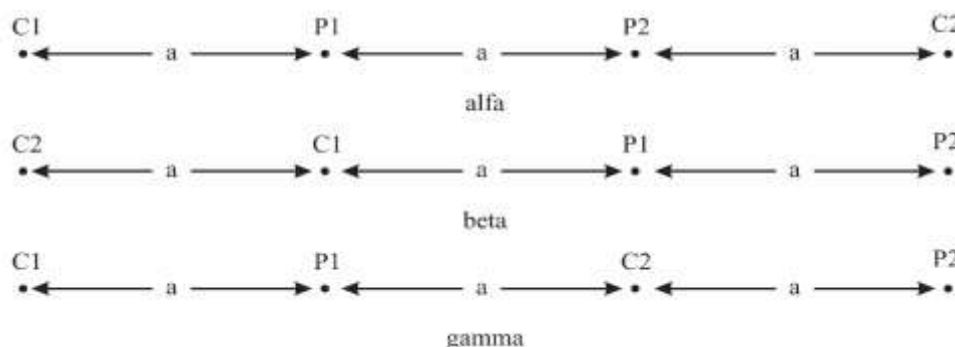
### 1.1. Geolistrik and Resistivity

Geoelectric resistivity is one method in geophysics that studies the electrical resistivity (resistivity) properties of a layer of rock beneath the earth's surface [10]. The type of rock layer can be known from the differences in the electrical properties of the rock by flowing electric current into the earth, and then the resistivity of each rock layer is calculated. The principle of this method is to measure variations in the conductance of vertical and horizontal electric currents as indicative of positions, boundaries, and apparent obstacles of various subsurface conditions. Materials that have high resistivity mean that it is increasingly difficult to pass an electric current. If the formation is porous and contains water, the resistivity will be low. Based on the sensitivity generated through Wenner testing can be correlated with the type of rock as in Table 1.

**Table 1.** Correlation of Rock and Sediment Resistivity [13]

Rock and Sediment Type	Resistivity value (ohm m)
Andesite	$4,5 \times 10^4 - 1,7 \times 10^2$
Sand stone	$1 - 6,4 \times 10^8$
Silty stone	$50 - 10^7$
Clay	$1 - 100$
Sand	$4 - 800$
Water	$1 - 100$

In this study, using the Wenner configuration provides alignment of four electrodes in a straight line with a constant distance, and therefore the apparent resistivity calculation assumes the same value. Varying the position of the electrodes is possible to get the three combinations shown with alpha, beta, and gamma shown in Figure 2 [11].



**Figure 2.** Wenner configuration

In Figure 3, it can be seen that C1 and C2 are the sources of electricity that will flow, then P1 and P2 are receivers of power, with  $a$  being the distance of delivery. Geometric factors due to alpha, beta, and gamma configurations can be seen in Equation 1 for an alpha, Equation 2 for a beta, Equation 3 for gamma.

$$k_{w\alpha} = 2\pi a \quad (1)$$

$$k_{w\beta} = 6\pi a \quad (2)$$

$$k_{w\gamma} = 3\pi a \quad (3)$$

The investigation is the ability of the electrode configuration to map the maximum depth that can penetrate. To get the maximum depth that can be assigned, multiply the electrode spacing "a" maximum or the length of the maximum stretch of "L" by the depth factor. Horizontal data coverage is the ability of the electrode configuration to produce large amounts of data in the lateral/horizontal direction, and this capability is instrumental in 2D surveys [12].

## 1.2. Geological

The map of the geological conditions of the Mount Batur caldera region was shown in Figure 3. Based on the geological map of the Bali sheet [14], the rocks making up this area are breccias and lava originating from the Buyan-Bratan Ancient rock volcano group (Qpbb), which consists of tuffs and the volcanic deposits of Buyan-Beratan and Batur volcanoes which are in the upper quarters. Geological formations that are in the lower quarters are around Mount Batur, including Mount Abang, which is vomit rock from the ancient Buyan-Bratan volcano and Ancient Batur. Around the slopes of Mount Batur there are younger rocks, which are volcanic rocks of Mount Batur.

Geological conditions prone to landslides consist of tuffs and andesite breccias which make up most of the mountainous terrain formed in the Pleistocene era with a dating of  $2.33 \pm 0.12$  million years to  $0.77 \pm 0.06$  million years, very easily eroded due to rain [15], [16].

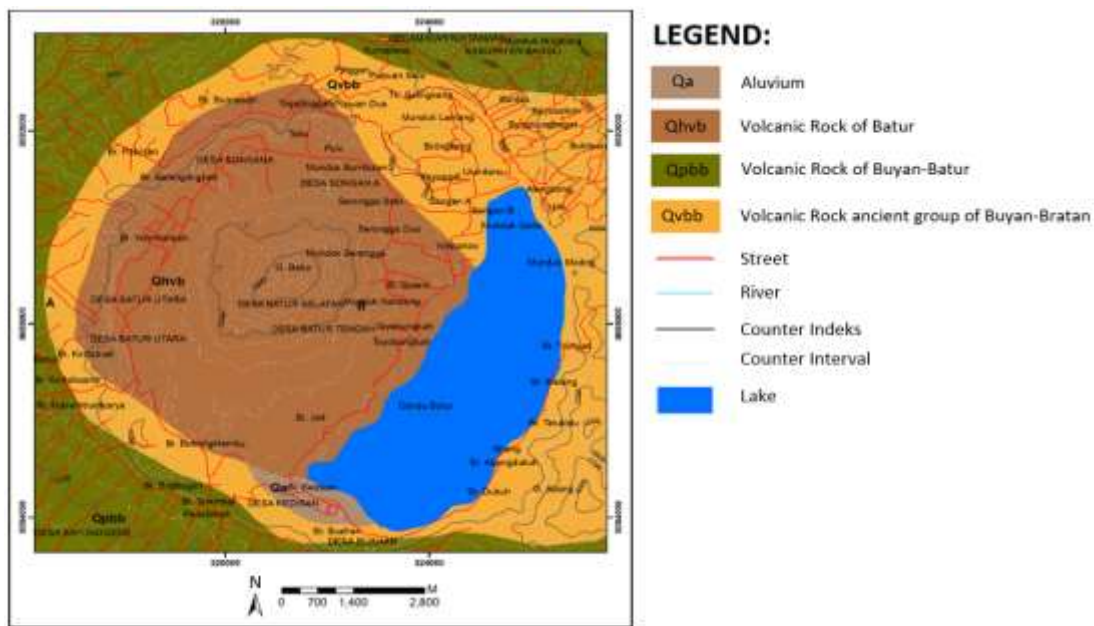


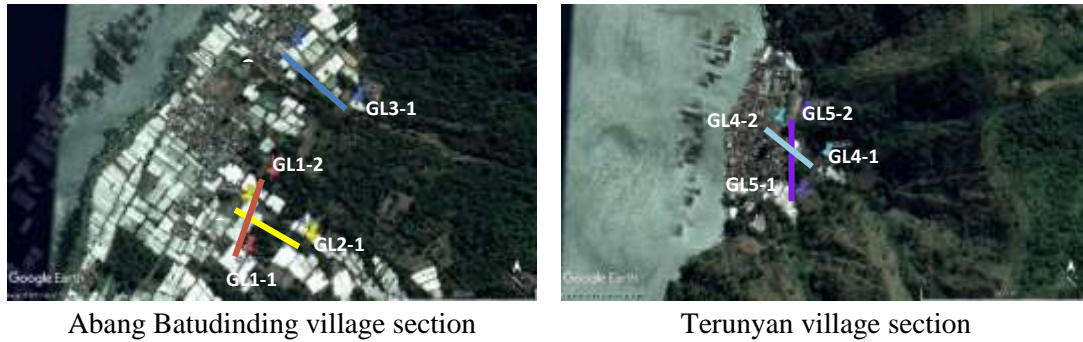
Figure 3. Geological map of Kintamani District

## 2. RESEARCH METHOD

This research was located in Terunyan Village, and Abang Batudinding Village, which is prone to landslides, identification of ground motion is carried out using the Geoelectric method with the alpha Wenner configuration to determine the type and thickness of the soil. In this study, five sections of geoelectric testing drawn, three sections were in Abang Batu Dinding Village, and two more sections were in Terunyan Village. The testing section can be seen in Figure 4 (a) and Figure 4 (b). The test results are then read in the data logger and exported to the computer as shown in Figure 5.



# Debris Flood Hazard Assessment Based on Resistivity Value and Geological Analysis in Abang Mountain, Geopark Batur, Bali



**Figure 4.** Soil resistivity section testing.

Based on Geological analysis sightings, and outcrops on slopes in the study area. The slope outcrops carried out a review of the types of constituent rocks and the composition of the constituent rocks, which is then conducted a study using the literature. As shown in Figure 6 is the outcrops of the slopes in the study area, most of the slopes exposed to weathered rock conditions with a composition of 60% volcanic breccia and as a small are still in fresh condition.

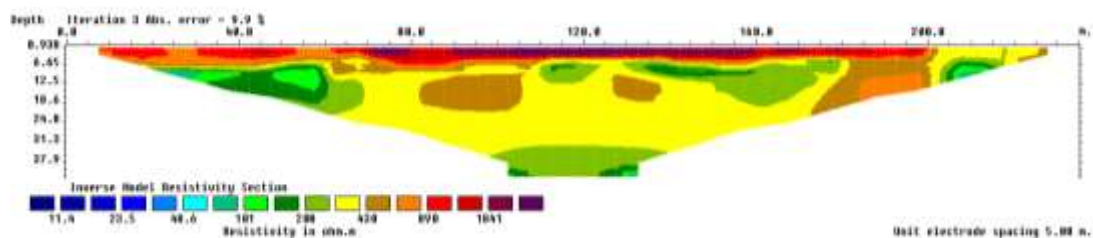


**Figure 5.** Slope outcrops in the study area

## 3. RESULTS AND ANALYSIS

### 3.1. Resistivity Test

Soil resistivity testing with geoelectric equipment at a distance of  $\pm 200$  Tests in Abang Batu Dinding Village (GL-1, GL-2, GL-3) can see in Figure 6, Figure 7, and Figure 8 and testing in Terunyan Village (GL-4, GL-5) in Figure 9 and Figure 10.



**Figure 6.** GL-1 Geoelectric Testing (East-Southwest)

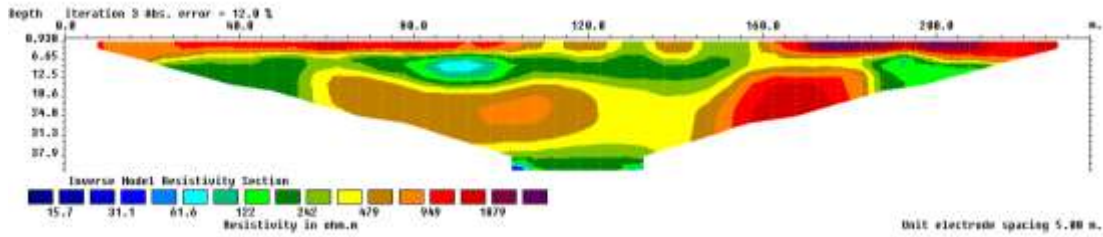


Figure 7. GL-2 Geoelectric Testing (Southeast-Northwest)

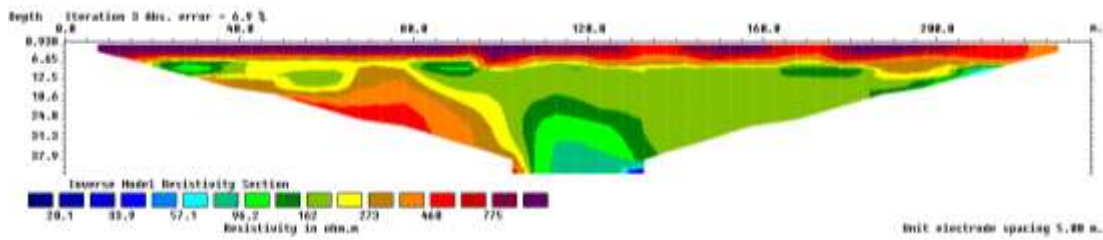


Figure 8. GL-3 Geoelectric Testing (Southeast-Northwest)

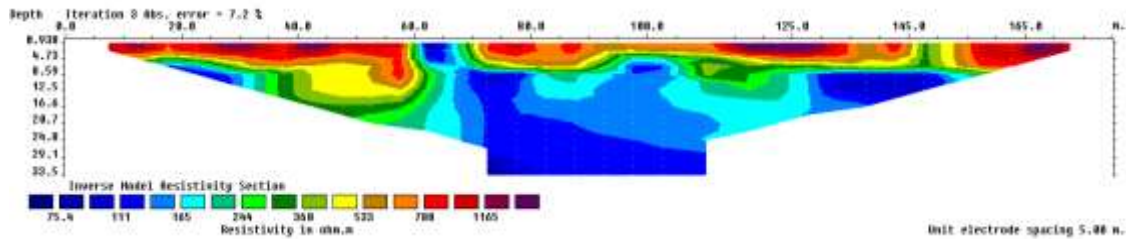


Figure 9. GL-4 Geoelectric Testing (Southeast-Northwest)

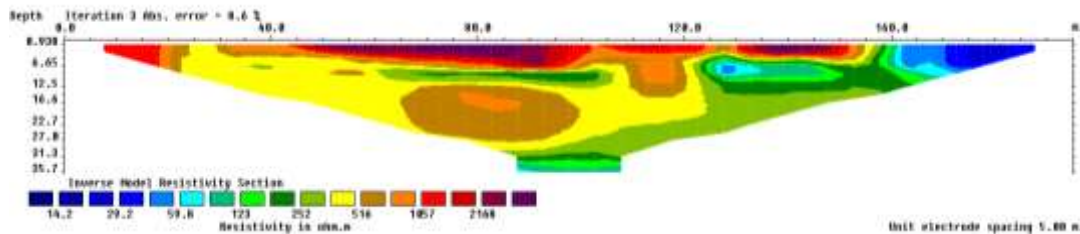


Figure 10. GL-5 Geolistrik testing (East-North)

Based on this test, it can see that soil conditions in the Abang Batudinding village area are dominated by yellow with a sensitivity value of  $\pm 516$  ohms m, then green with a resistivity range of  $\pm 252$  ohms m. There are red and brown colors which have a resistivity value ranging between  $\pm 516$  ohms m to  $\pm 1057$  ohms m. Based on the correlation value of the resistivity of the rocks, that the value given by the geoelectric test can be estimated that the soil layers are sand, sandstone, and andesite with different densities, in addition the field conditions show a surface layer consisting of sandy layers mixed with gravel and loose rock.

The test results in the Terunyan Village (GL-4, GL-%) resemble those in the Abang Batu Dinding Village, but in the GL-4 geoelectric test, there is a low geoelectric value, which is likely to be water or water movement. Data processing results also show that the Abang Batu Dinding Village area (GL-1, GL-2, and GL-3 trajectories) is an area prone to landslides because there are cavities with fairly weathered rocks, at a depth of 2-3 meters. Terunyan

Village, for the GL-4 track on the surface, is an andesite rock with high resistivity and the GL-5 track consists of weathered rocks with rocks at a depth of 3-3.5 meters.

### 3.2. Geology Analysis

Based on the analysis of Figure 4, the Bali-Nusa Tenggara sheet of Geological Map in terms of age shows that the geological formations of the Lower Quaternary age are around Mount Batur, including Mount Abang which is spit rock from the Buyan - Bratan Purba volcano and Purba Batur. The rocks from the Lower Miocene age to the upper part are estimated to be around the Kubu Region, which consists of volcanic breccias, lava, tuffs with limestone inserts, which is the Ulakan Formation (the oldest Formation in Bali).

Visual observations and interpretations such as Figure 5 show the slope outcrop that around the slopes of Mount Batur, there are younger rocks which are volcanic rocks of Mount Batur so that they have the potential of andesite stone, lava, and sand. Around the southeast edge of Lake Batur, there are colluvium deposits. This unit field appearance gives a fresh appearance (Figure 5.a). Still, there are also weathered features (Figure 5.b) where the average of the Andesite Breccia rocks has a volume above 60% of the weathering rocks. or sediment soil. Weathered Andesite breccias produce intensive cracks in the horizontal direction

## 4. CONCLUSIONS

Based on the research conducted, it can conclude that in general, the layers of soil in Abang Batudinding Village and Terunyan Village in the form of sandy silt, sandstone, and andesite. Abang Batudinding Village is an area that is prone to landslides because there are cavities with fairly weathered rocks, at a depth of 2-3 meters. Terunyan Village, for trajectories on the surface, is high resistivity andesite rocks, and some consist of weathered rocks with rocks at a depth of 3-3.5 meters. This layer of soil has the potential to experience landslides when it has a steep slope, plus the influence of rain that can cause erosion and water entry into crevices of sand and gravel so that it can encourage debris flow.

While the southern Batur caldera wall with constituent rocks comes from the rocks of the Buyan-Bratan and Batur volcanoes (Qpbb) consisting of rock sand too loose and porous silt sand, the slope-forming rock unit on average of the Andesite Breccia rocks has a volume above 60% of weathering rocks or sedimentary rocks. Weathered Andesite breccias produce intensive cracks in the horizontal direction. The condition of the soil tends to be quickly released so that with the intensity of moderate rainfall with a high frequency, it will cause ground movements in the form of a landslide.

Based on the results of the analysis of the value of soil resistivity and geological conditions in the study area is an area with a very high threat of landslides, especially when high rainfall intensity so that soil water content increases causing pore water pressure increases, the loose soil will be more easily released.

## REFERENCES

- [1] R. W. V. Bemmelen, *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Batavia: Government Printing Office, The Hague 1949, 1949.
- [2] M. Jakob and O. Hungr, *Debris-flow Hazards and Related Phenomena*, 1st ed., vol. 73. Chichester, UK: ISBN 3-540-20726-0 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2005.
- [3] I. S. Sutawidjaja, M. F. Rosana, and K. Watanabe, "Magma Chamber Model of Batur Caldera, Bali, Indonesia: Compositional Variation of Two Facies, Large-Volume Dacitic Ignimbrites," *Indones. J. Geosci.*, vol. 2, no. 2, pp. 111–124, 2015.

- [4] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Slope Stability Assessment Using Trigger Parameters and SINMAP Methods on Tamblingan-Buyan Ancient Mountain Area in Buleleng Regency, Bali," *Geosciences*, vol. 7, no. 4, p. 110, 2017.
- [5] T. Takahashi, *Debris flow Mechanics, Prediction and Countermeasures*. London, UK: Taylor & Francis/Balkema P.O. Box 447, 2300 AK Leiden, The Netherlands, 2007.
- [6] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Landslide Hazards Due To Rainfall Intensity in the Caldera of Mount Landslide Hazards Due To Rainfall Intensity in," *1st Warmadewa Univ. Int. Conf. Archit. Civ. Eng. Sustain. Des. Cult. 20th Oct. 2017, Fac. Eng. Warmadewa Univ. Bali LANDSLIDE*, vol. 1, pp. 160–167, 2017.
- [7] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Indeks Ancaman Gerakan Tanah Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata Di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli, Bali," *Semin. Nas. KonsepSi#2 (Konsep dan Implementasi 2)*, vol. 1, pp. 110–120, 2016.
- [8] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Pemetaan Ancaman Gerakan Tanah berdasarkan Indeks Stabilitas pada ekstensi SINMAP di Kabupaten Bangli , Bali," *Semin. Nas. Geotek. 2016 HATTI Yogyakarta*, vol. 1, 2016.
- [9] I. W. Ariyana and I. N. Sinarta, "Kapasitas Dukung Fondasi Diatas Tanah Timbunan Sampah Sebagai Usaha Mitigasi Bencana," in *Senats3 (Seminar Nasional Teknik Sipil)*, 2019, p. GT-25-35.
- [10] B. . Dobrin and C. H. Savit, *Introduction to Geophysical Prospecting*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, Inc., 1988.
- [11] M. Cozzolino, E. Di Giovanni, P. Mauriello, S. Piro, and D. Zamuner, *Geophysical Methods for Cultural Heritage Management*, 1st ed. Springer International Publishing, 2018.
- [12] M. H. Loke, "Tutorial: 2D and 3D electrical imaging surveys," 2002.
- [13] W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, 2nd ed. London, UK: Cambridge University Press, 2004.
- [14] P. Hadiwidjojo, H. Samodra, and T. Amin, "Map of Geology Sheet of Bali, Nusa Tenggara," Bandung, 1998.
- [15] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Geotechnical Properties and Geologi Age on Characteristics of Landslides Hazards of Volcanic Soils in Bali , Indonesia," *Int. J. GEOMATE*, vol. 11, no. 26, pp. 2595–2599, 2016.
- [16] I. N. Sinarta and A. A. G. Sumanjaya, "Kondisi geologi dan infiltrasi terhadap ancaman gerakan tanah pada batuan vulkanik di kaldera gunung batur," in *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke 12*, 2018, vol. 1, no. September, pp. 18–19.
- [17] I. N. Sinarta and I. W. A. Basoka, "Keruntuhan Dinding Penahan Tanah dan Mitigasi Lereng di Dusun Bantas, Desa Songan B, Kecamatan Kintamani," *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas*, vol. 3, no. 0, pp. 23–32, 2019.



## INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND TECHNOLOGY (IJCIET)

[www.iaeme.com/ijciyet/index.asp](http://www.iaeme.com/ijciyet/index.asp)

**Journal Impact Factor (2019): 10.7810 Calculated by GISI ([www.jifactor.com](http://www.jifactor.com))**

**ISSN Print: 0976 - 6308**

**ISSN Online: 0976 - 6316**

### Official Acceptance of Research Paper

**Paper ID: IJCIET/10/11/2019/IJCIET\_44754**

**Date: 05-Nov-2019**

Dear **I Nengah Sinarta, Putu Ika Wahyuni and Putu Aryastana**

We would like to inform you that your paper titled **“DEBRIS FLOOD HAZARD ASSESSMENT BASED ON RESISTIVITY VALUE AND GEOLOGICAL ANALYSIS IN ABANG MOUNTAIN, GEOPARK BATUR, BALI”** has been accepted for publication in **International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)**, Volume 10, Issue 11, (November 2019) issue of the journal based on the Recommendation of the Editorial Board without any major corrections in the content submitted by the researcher.

This letter is the official confirmation of acceptance of your research paper.

**Your research work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 (International) License. (CC BY-NC 4.0). Hence no need to submit the Copyright form.**

Your research paper will be appearing in IJCIET, Volume 10, Issue 11, November 2019.

**International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)**

**Journal Impact Factor (2019): 10.7810 Calculated by GISI**

**ISSN Print: 0976 - 6308**

**ISSN Online: 0976 - 6316**

Review Comments are attached along with the mail.

Kindly send the Publication fee **\$ 575/- (Online only)**. The Online Only mode includes online publication of paper, indexing of paper in more than 20 search engines and soft copy of the publication certificate.

You can transfer the money and send the scan copy of payment made evidence through e-mail.



## Account Details

Account Number	1911683597
Name of the Account	IAEME Publication
Bank	Kotak Mahindra Bank Ltd
Branch	T. Nagar Branch
Address of the Bank	Ground Floor, Shree Essar Towers, 41 Venkatnarayana Road, T.Nagar, Chennai - 600017, Tamil Nadu, India
Type of Account	Current
Swift Code	KKBKINBBXXX
IFSC CODE	KKBK0000468
MICR CODE	600485008

Kindly acknowledge the Paper acceptance. Thanks and looking to receive the payment from your side at the earliest.

Thank you.  
Yours Sincerely,

**Prof. Dr. S. Balasubramanian, Ph.D, DSc**  
**Chief Editor**  
**IAEME Publication**  
**Plot: 03, Flat- S 1,**  
**Poomalai Santosh Pearls Apartment**  
**Plot No. 10, Vaiko Salai 6<sup>th</sup> Street**  
**Jai Shankar Nagar**  
**Palavakkam, Chennai- 600 041**  
**Tamilnadu, India, Mobile: 09884798314**  
**E-mail: iaemedu@gmail.com**  
**Website: www.iaeme.com**

Dokumen pendukung luaran Tambahan #1

Luaran dijanjikan: Prosiding dalam pertemuan ilmiah Nasional

Target: sudah terbit/sudah dilaksanakan

Dicapai: Accepted

Dokumen wajib diunggah:

1. Naskah artikel
2. Surat keterangan accepted dari editor

Dokumen sudah diunggah:

1. Naskah artikel
2. Surat keterangan accepted dari editor

Dokumen belum diunggah:

-

Peran penulis: first author

Nama Konferensi/Seminar: Konferensi Nasional Teknik Sipil 13 (Konteks13)

Lembaga penyelenggara: Jurusan Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Syah Kuala, Bandaaceh, BMPTTISI

Tempat penyelenggara: Banda Aceh

Tgl penyelenggaraan mulai: 19 September 2019 | Tgl selesai: 20 September 2019

Lembaga pengindeks: Google Scholar

URL website: <https://konteks.id/>

Judul artikel: ANALISIS POTENSI LONGSOR ROMBAKAN (DEBRIS FLOW) DENGAN PEMODELAN ALIRAN DI LERENG GUNUNG ABANG, KINTAMANI, BALI

## ANALISIS POTENSI LONGSOR ROMBAKAN (DEBRIS FLOW) DENGAN PEMODELAN ALIRAN DI LERENG GUNUNG ABANG, KINTAMANI, BALI

I Nengah Sinarta<sup>1</sup>, Putu Ika Wahyuni<sup>1</sup>, Putu Aryastana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No.24 Denpasar  
Email: inengahsinarta@gmail.com

### ABSTRAK

Aliran debris adalah aliran masa yang terdiri dari campuran material halus berukuran kecil (clay, lumpur, pasir) sampai material berukuran kasar (kerikil, bongkahan bebatuan) dengan sejumlah volume air sehingga memiliki daya rusak tinggi. Kawasan geopark Gunung Batur, Kintamani, Bali terdapat di puncak Gunung Batur, dan Gunung Abang dengan lereng yang berpotensi terancam aliran debris meliputi; Dusun Trunyan, Dusun Abang Batudinding dan Desa Buah an akibat sejarah yang pernah terjadi sebelumnya.

Pendekatan dengan menghubungkan parameter volume debris flow dengan panjang jangkauan atau luas genangan. Analisis pemodelan dengan perangkat lunak DFLOWZ didukung oleh data spasial dapat dijalankan menggunakan perangkat lunak. Parameter input dalam perangkat lunak yaitu data digital ketinggian (DEM), import data polyline. Pemodelan merupakan pendekatan awal dalam memprediksi luas genangan longsoran rombakan.

Hasil penelitian didapatkan sumber-sumber material dan arah aliran rombakan. Anatomi aliran yang teramati adalah aliran rombakan pada lembah dan sungai pada ketinggian  $\pm 1500$  mdpl melengkung pada lembah-lembah perbukitan dan arah aliran menuju barat. Analisis DFLOWZ menunjukkan luas deposit tertahan yang berpotensi menyebabkan longsoran rombakan seluas  $49.830 \text{ m}^2$ , dengan tinggi genangan berdasarkan pada lembah lereng setebal 5 -7 m. Pengetahuan lapangan menjadi persyaratan dalam penilaian bahaya aliran longsoran rombakan, karena hal tersebut penting untuk pemilihan parameter model dan menafsirkan hasil yang benar

Kata kunci: Longsor rombakan, Pemodelan DFLOWZ, DEM

### 1. PENDAHULUAN

Aliran bahan rombakan dalam berbagai literatur disebut sebagai *debris flow* merupakan suatu terminologi kolektif dengan cakupan pengertian yang luas terhadap peristiwa pergerakan massa material debris secara gravitasi. SNI 13-6982.2 tentang pemeriksaan lokasi bencana gerakan tanah, gerakan tanah didefinisikan sebagai perpindahan material pembentuk lereng, berupa batuan, bahan timbunan, tanah, atau material campuran yang bergerak ke arah bawah dan keluar lereng (BSN, 2004). Klasifikasi aliran debris terdapat dua karakteristik yang berbeda yaitu aliran debris tipe berbatuan (*gravel type debris flow*) merupakan aliran debris yang mengandung banyak batu-batu besar dan aliran debris tipe lumpur (*mudflow type debris flow*) merupakan aliran debris dengan kandungan batu besar sedikit dan lebih didominasi oleh kandungan pasir dan batu-batu kecil. Broms (1975) dalam Hardiyatmo (2012), membagi longsoran tipe aliran menjadi 4 yaitu; (1).Aliran tanah (*earth flow*), (2).Aliran lumpur/lanau (*Mud flow*), (3). Aliran debris (*debris flow*), (4). Longsoran aliran (*flow slide*). Aliran bahan rombakan atau debris flow didefinisikan sebagai gerakan masa yang mengandung butiran-butiran material padat, air dan udara yang bergerak sebagai sebuah aliran yang bersifat kental (*viscous flow*), (Cruden & Vernes, 1996). *Debris flow*, *debris avalanches* dan *earth flow* merupakan longsoran tipe aliran yang mempunyai kekuatan menghancurkan dan kecepatan alir sangat besar.

Aliran debris atau Banjir bandang merupakan bagian dari peristiwa alam yang sangat merusak dan mengancam kehidupan manusia. Setiap tahun di berbagai wilayah dunia, peristiwa pergerakan massa bahan rombakan (debris) ini telah banyak mencelakakan manusia, merusak berbagai fasilitas dan kekayaan manusia bahkan merusak lingkungan alam. Berbagai kegiatan penelitian maupun studi terhadap peristiwa aliran debris telah banyak dilakukan oleh para ilmuwan di Eropa, Amerika dan Asia terutama Jepang.

Kondisi geologi yang kompleks, seperti di Indonesia yang memiliki topografi tidak datar dan curah hujan yang tinggi, banyak gunungapi aktif, dan tingkat kepadatan penduduk yang sangat tinggi memaksa Indonesia harus siap menerima kenyataan sebagai daerah dengan tingkat ancaman tinggi terhadap bencana alam terutama bencana alam banjir bandang. Daerah penelitian di Kecamatan Kintamani khususnya dikaldera Gunung Batur pada lereng Gunung Abang



dengan Desa Abang Batu dinding dan Desa Terunyan, dimana peristiwa alam berupa aliran bahan rombakan atau aliran debris sering terjadi terutama pada Bulan Januari-Februari pada saat tanah mencapai jenuh, dengan kerugian harta dan benda bahkan kerusakan lingkungan (Tim tanggap darurat gerakan tanah, 2017).

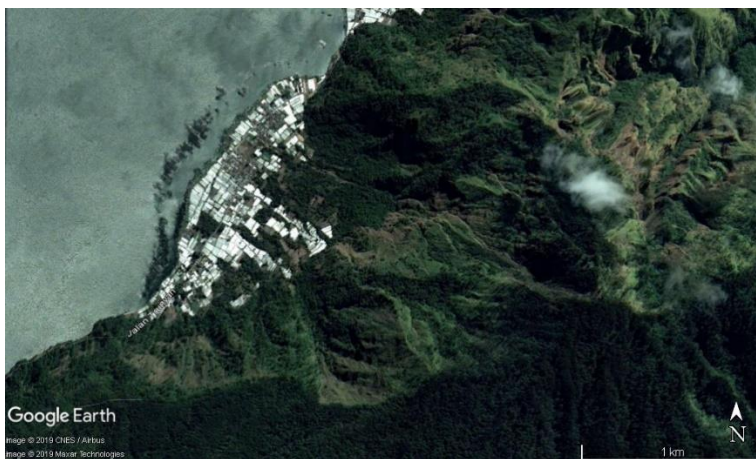
Analisis debris flow dapat dilakukan dengan perangkat lunak yang digunakan untuk analisis runout dari debris flow khususnya luas daerah genangan debris flow adalah DFLOWZ. Perangkat lunak telah diujikan dalam aliran debris di Pegunungan Alpen Italia (M. Berti & Simoni, 2014). Output dari program ini bisa digunakan sebagai prediksi awal dari daerah yang berpotensi terkena aliran debris. Program ini juga mampu menganalisis ke mana arah aliran debris flow, luas daerah yang berpotensi tergenang endapan debris flow, yang sering diistilahkan sebagai daerah planimetrik (planimetric area) debris flow. Meski modelnya didasarkan pada hubungan skala empirik yang tidak mendeskripsikan dinamika kompleks debris flow, output dari program ini bisa sangat berarti ketika tidak ada lagi metode numerik yang bisa digunakan atau ketika dibutuhkan data awal yang diperlukan untuk menganalisis bencana. Interface user dari DFLOWZ sangat sederhana dan friendly user namun bisa merepresentasikan hasil. Pengguna bisa dengan mudah menunjukkan analisis untuk melihat parameter mana yang paling berpengaruh pada daerah yang berpotensi tergenang. Keunggulan dari DFLOWZ adalah mampu mengevaluasi pengaruh dari modifikasi DEM pada zona yang terkena debris flow dengan cepat. Program DFLOWZ memiliki banyak sekali kelebihan dan keunggulan serta tidak membutuhkan input parameter yang banyak.

Analisis debris flow dengan menggunakan DFLOWZ akan kami gunakan dalam analisis perilaku debris flow di Kecamatan Kintamani khususnya di Desa Abang Batu Dinding dan Desa Terunyan. Untuk memprediksi daerah yang berpotensi menjadi genangan aliran debris apabila suatu bukit mengalami longsor, digunakan perangkat lunak DFLOWZ. DFLOWZ pertama kali diusulkan oleh Berti and Simoni, (2007), program DFLOWZ merupakan hasil modifikasi dari metode LAHARZ untuk simulasi aliran lahar oleh Iverson dan Schilling (1998). DFLOWZ menambahkan algoritma untuk analisis aliran yang mengalir keluar channel (unconfined flow) yang tidak disertakan pada metode LAHARZ. DFLOWZ merupakan software tidak berbayar yang dapat di download pada <http://137.204.103.162/geoappl/dflowz/dflowz.htm>. Penggunaan DFLOWZ, untuk mempelajari, memahami, dan menganalisis akan bahaya bencana debris flow di daerah penelitian. Data DEM menggunakan resolusi tinggi DEM tertinggi dalam Google Earth, tetapi data DEM beresolusi tinggi belum lengkap di Indonesia (Rustan dan Purqon, 2016)

Pemodelan aliran debris dilakukan pada lereng Gunung Abang, dengan paparan longsor di Desa Abang Batu Dinding. Setelah analisis prediksi di longoran debris dapat dinyatakan akurat, maka pemodelan ini diterapkan di daerah penelitian lainnya di lereng Gunung Abang dengan data input yang dibutuhkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis daerah-daerah yang berpotensi menjadi genangan debris flow dengan menggunakan program DFLOWZ di Desa-desa pada lereng Gunung Abang kaldera Gunung Batur di Kecamatan Kintamani.

## 2. METODE PENELITIAN

Lokasi yang menjadi daerah penelitian adalah salah satu daerah di wilayah kaldera Gunung Batur, Kecamatan Kintamani, pada Gambar 1.



Gambar 1. Daerah Penelitian Desa Abang Batu Dinding

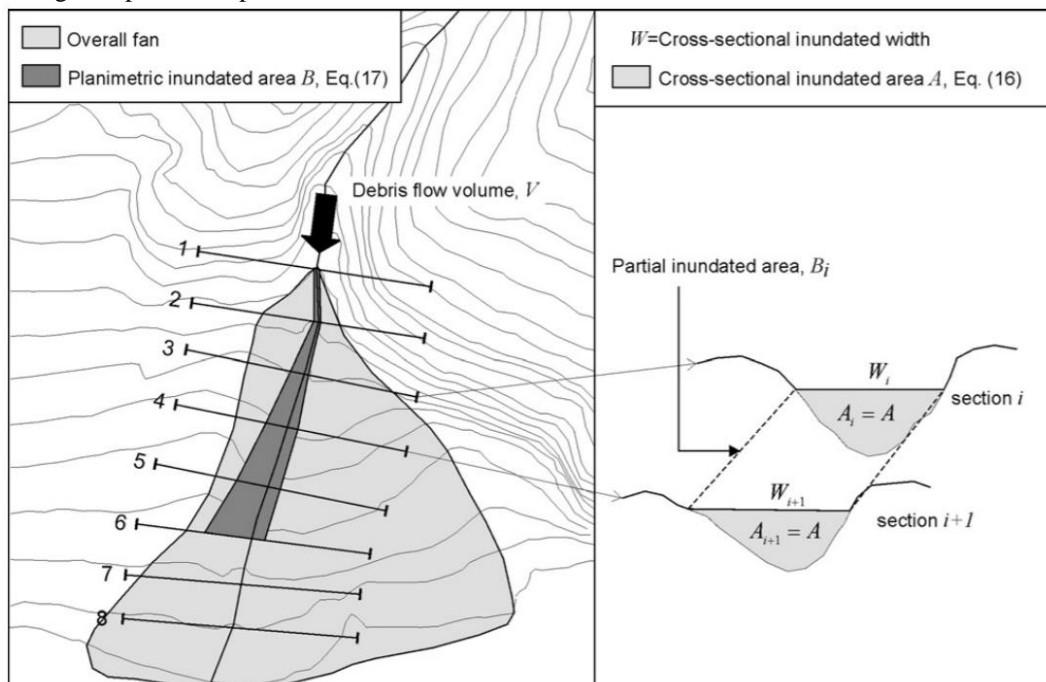
Daerah penelitian adalah bagian dari Geopark Gunung Batur berada di Kabupaten Bangli, yang terletak antara  $115^{\circ} 13'43''$ , BT –  $115^{\circ} 27' 24''$  BT dan  $8^{\circ}08'30''$  LS -  $8^{\circ}3'07''$  LS. Posisinya berada di tengah-tengah Pulau Bali, sehingga merupakan satu-satunya kabupaten yang tidak memiliki pantai/laut. Secara fisik di bagian selatan Kabupaten Bangli

merupakan daerah dataran rendah dan bagian utara merupakan pegunungan dengan obyek wisata adalah Danau Batur dan Gunung Batur. Kaldera Batur merupakan salah satu kaldera terindah di dunia, berukuran sekitar  $13,8 \times 10$  km, dan struktur kaldera lainnya terbentuk di tengahnya dengan diameter 7,5 km. Puncak tertinggi Gunung Batur +1.717 m (Bemmelen, 1949). Morfologi kaldera Gunung Batur merupakan merupakan sebuah struktur runtunan berbentuk elips berukuran  $13,8 \times 10$  km<sup>2</sup>, terbentuk sekitar 29.300 tahun lalu. Kaldera ini menghasilkan endapan piroklastik dasitik sebesar 84 km<sup>3</sup>, yang disebut “Ignimbrit Ubud”. Kaldera Batur II merupakan sebuah struktur runtunan berbentuk lingkaran berdiameter 7,5 km, yang terbentuk sekitar 20.150 tahun lalu, dan menghasilkan endapan piroklastik dasitik 19km<sup>3</sup>, disebut “Ignimbrit Gunungkawi” (Sutawidjaja, 2009). Pada lereng Gunung Abang (Gambar 1) terdapat banyak permukiman seperti Desa Buah, Desa Abang Batu Dinding dan Desa Trunyan. Dalam Sinarta dkk., (2016), melakukan analisis stabilitas longsor menggunakan Sinmap di daerah tersebut. Hasil analisis menunjukkan daerah ini termasuk ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor dan mendekati longsor dengan potensi gerakan tanah berupa aliran debris atau banjir bandang.

Penelitian ini data yang digunakan adalah data *Digital Elevation Model* (DEM) dan polyline. Data DEM yang diinput pada program DFLOWZ harus dalam bentuk file ASCII Grid yang berekstensi .asc dan data garis (polyline) dalam bentuk file yang berekstensi .shp. Data DEM diturunkan dari data Lidar yang didapatkan secara online melalui situs <http://www.earthexplorer.usgs.gov>. Adapun daerah yang menjadi lokasi penelitian adalah wilayah Kecamatan Kintamani. Hal ini dikarenakan karena belum tersedianya data LIDAR untuk wilayah Indonesia. Pembuatan DEM dilakukan dengan mengkonversi data LIDAR menggunakan perangkat lunak Global Mapper. DEM yang telah dibuat selanjutnya diekspor ke dalam format ascii grid dengan ekstensi .asc. Pembuatan polyline dilakukan dengan cara digitasi citra resolusi menggunakan perangkat lunak ArcMap. Jalur yang dianggap sebagai saluran debris flow pada citra akan didigitasi membentuk garis tunggal, selanjutnya disimpan dalam bentuk file berekstensi .shp.

DFLOWZ melakukan tahapan perhitungan sebagai berikut:

1. Menghitung nilai A dan B yang diharapkan pada dasar, volume ditentukan pengguna dan faktor ketidakpastian EA dan EB;
2. Memuat tiga file DEM, jalur alur, dan potongan sebagai data input;
3. Potongan melintang di sepanjang alur bagian menggunakan DEM;
4. Pindah ke bagian hilir  $i + 1, 2 \dots n$ , dan menghitung lebar terendam  $W_{i+1}, 2 \dots n$  dengan cara yang sama;
5. Menghitung area planimetri yang tergenang antara dua bagian  $B_i$ , sedangkan  $B_i < B$  berlaku, ilustrasi perhitungan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi perhitungan volume pada DFLOWZ (Matteo Berti & Simoni, 2007)

Analisis identifikasi flowpath ini sangat penting karena aliran material debris flow mengikuti *flowpath* tersebut. Citra satelit tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam perangkat lunak ArcMap 10.1 untuk dilakukan proses *georeferencing* dan digitasi *flowpath* sehingga dihasilkan *file polyline* (garis) dengan ekstensi .shp.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi geologi merupakan satuan tufa dan breksi andesit yang menyusun sebagian besar daerah penelitian terbentuk pada jaman Pleistosen dengan penanggalan umur  $2,33 \pm 0,12$  juta tahun sampai  $0,77 \pm 0,06$  juta tahun, sangat mudah tererosi akibat hujan, (Sinarta dkk., 2016a). Sedangkan dinding kaldera batur bagian selatan dengan batuan penyusun berasal dari batuan gunung api Buyan-Bratan dan Batur (Qpbb) yang terdiri dari pasir batu sampai pasir kelanauan yang bersifat lepas dan porous. Kondisi tersebut tanah cenderung mudah lepas, sehingga dengan intensitas hujan sedang dengan frekuensi yang panjang akan menimbulkan gerakan tanah berupa banjir bandang. (Sinarta dan Sumanjaya, 2018), (Sinarta dkk., 2017).

Lereng Gunung Abang memiliki lereng yang cukup curam dengan vegetasi sebagian besar berupa semak belukar terdapat juga hutan yang diselingi dengan semak belukar. Beberapa jenis tanaman yang akarnya tidak cukup kuat untuk mengikat tanah ditanami sekitar kaldera digunakan sebagai lahan pertanian dengan jenis tanaman antara lain tanaman kacang-kacangan, cabai, sayur-sayuran, coklat dan beberapa tanaman yang lain.

Kecamatan Kintamani khususnya kawasan kaldera Gunung Batur memiliki intensitas hujan harian tertinggi sebesar 125 mm/hari di analisis dalam durasi lima jam berpengaruh terhadap besarnya infiltrasi yang menyebabkan keruntuhan lereng. Semakin tinggi infiltrasi yang terjadi, terjadi perubahan tekanan air pori akan semakin besar dan durasi makin panjang menyebabkan genangan atau limpasan permukaan yang menyebabkan banjir bandang. Hasil penelitian pada lereng yang memiliki kemiringan sekitar  $40^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , pengaruh infiltrasi sangat signifikan terhadap kestabilan lereng dari kondisi lereng masih kering atau steady state menuju jenuh, perubahan pada durasi 1 jam hujan sebesar 1.093 menjadi 1.060. Sementara itu pada kondisi lereng yang mendekati kondisi jenuh pada hujan jam ke 2 menuju jam ke 5, pengaruh infiltrasi yang terjadi sangat signifikan, yaitu menjadi dari 0,965 sampai 0,623 (Sinarta dan Sumanjaya, 2018).

Kondisi alam tersebut, wilayah lereng Gunung Abang dengan desa di bawahnya yaitu: Desa Abang Batudinding dan Desa Terunyan hamper setiap tahun terancam bahaya tanah longsor khususnya banjir bandang. Bukti kejadian tersebut seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Longsoran debris menutup Pura Tuluk Biyu dan keratan longsor



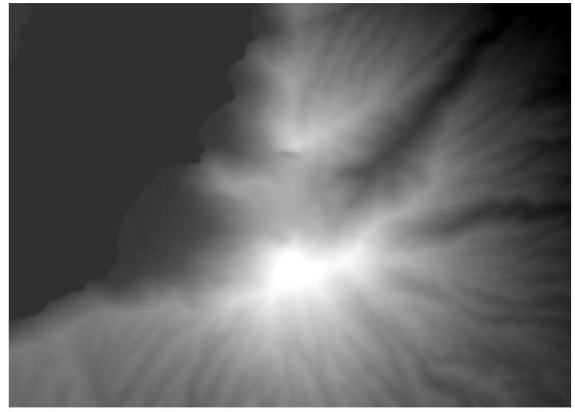
Gambar 4. Penampakan timbunan longsor

Gambar 4 menunjukkan lokasi timbunan akibat longsor rombakan, kemudian Gambar 3 menunjukkan longsor rombakan besar yang terjadi pada tahun 1917, yang menimbun pura Tuluk Biyu dan permukiman sekitarnya yang menyisakan gapura pura saja, sehingga pura tersebut sampai saat ini tidak difungsikan karena hampir setiap tahun disaat musim hujan akan dialiri oleh banjir bandang. Keratan longsor mulai menonjol mulai dari 2010 akibat kikisan kecil erosi setiap musim hujan, sehingga dalam hal ini desa-desa dibawahnya sangat terancam terulangnya bencana longsor besar, khususnya longsor debris.

Analisis terhadap genangan yang mungkin terjadi setelah kejadian sebelumnya memberikan nilai estimasi volume kumulatif longsor rombakan. Analisis dilakukan berdasarkan gambar citra satelit seperti Gambar 5 dan *digital elevation model* (DEM) pada Gambar 6 untuk lokasi penelitian yang telah diunduh akan digunakan untuk proses identifikasi flowpath dari longsor rombakan. *Flowpath* ini biasanya ditandai dengan garis memanjang pada lereng gunung dengan vegetasi yang lebih jarang dibandingkan sekitarnya. Identifikasi flowpath ini sangat penting karena aliran material debris flow mengikuti flowpath tersebut. Citra satelit tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam perangkat lunak ArcMap 10.1, untuk dilakukan proses georeferensing dan digitasi *flowpath* sehingga dihasilkan file polyline (garis) dengan ekstensi .shp.



Gambar 5. Citra satelit *debris flow* di Gunung Abang, Kintamani

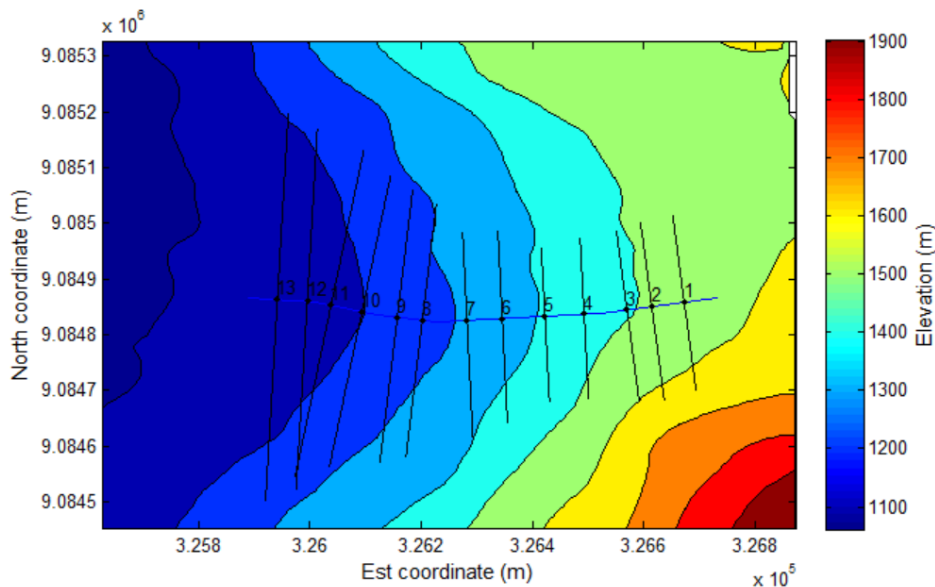


Gambar 6. DEM Gunung Abang

Data titik-titik ketinggian yang telah diolah menggunakan perangkat lunak global mapper akan menghasilkan DEM dalam bentuk ASCII Grid, berupa citra hitam putih seperti pada Gambar 6. DEM tersebut berupa citra hitam putih, dimana warna hitam menunjukkan elevasi paling rendah dan warna putih yang menunjukkan elevasi paling tinggi. Ukuran sel pada DEM menunjukkan resolusi rendah, makin kecil ukuran sel maka semakin tinggi resolusi DEM yang dihasilkan. Ukuran sel 5 m – 10 m termasuk data DEM bersolusi rendah ternyata tidak cocok menjadi input pada perangkat lunak DFLOWZ. Meskipun pada citra satelit tampak ada beberapa *flowpath*, namun pada penelitian ini hanya satu *flowpath* yang dipilih untuk didigitasi. Gambar 7 menunjukkan posisi *flowpath* dan section setelah diinput pada program DFLOWZ.

**DFLOWZ 1.0 - Digital Elevation Model (low resolution)**

Blue line = flow channel  
Black lines = analysis sections

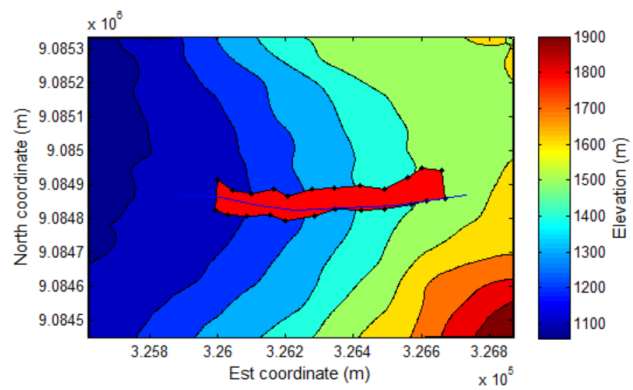


Gambar 7. Flowpath dan section aliran debris flow pada program DFLOWZ

Debris flow pada lereng Gunung Abang terjadi pada tahun 1917, berdasarkan hasil borlog pada pura Tuluk biyu rata-rata tertimbun 0,5 – 1,5 m yang dimulai pada ketinggian (elevasi) 1500 mdpl dan terendah pada 1150 mdpl. Longsoran tersebut kemudian bercampur dengan air dan mengalir sebagai debris flow dan mulai terdeposit dengan selisih elevasi 400 meter sehingga pada akhirnya berhenti pada ketinggian 1150 mdpl. Estimasi volume kumulatif debris flow adalah sebesar 144.293 m<sup>3</sup> berdasarkan Gambar 8 dengan ketebalan rata-rata 0,50 meter.



Gambar 8. Estimasi volume longsoran debris flow (warna merah)



Gambar 9. Hasil analisis DFLOWZ

Pada Gambar 8. menunjukkan estimasi luapan genangan seluas 288.586 m<sup>2</sup>. Berdasarkan analisis DFLOWZ menunjukkan luas deposit tertahan yang berpotensi menyebabkan longsoran rombakan seluas 49.830 m<sup>2</sup>, dengan tinggi genangan berdasarkan seksion yang dibuat seperti pada Gambar 7, setebal 5 -7 m. Simulasi *software* menunjukkan memberikan potensi ancaman longsor rombakan akibat kemiringan lereng berdasarkan data DEM.

#### 4. KESIMPULAN

Pemodelan DFLOWZ menghasilkan hasil simulasi potensi ancaman longsor rombakan berdasarkan kemiringan lereng dan jenis tanah khususnya berdasarkan tingkat ketinggian resolusi peta DEM. Analisis program ini dilengkapi dengan nilai faktor ketidakpastian untuk menampung sifat-sifat longsor rombakan. Hasil simulasi memberikan informasi luas genangan dan kedalaman genangan potensi ancaman longsor rombakan.

Analisis pemodelan dengan DFLOWZ menjadi referensi awal, pada penelitian potensi debris flow akan dilakukan kajian lebih lanjut dengan pemodelan lainnya, karena peta DEM yang di gunakan menggunakan hasil peta citra *google earth*. Survei lapangan secara terperinci sangat diperlukan untuk mendeteksi jalur dan arah gerakan longsor rombakan yang mengalir keluar dari lembah. Pengetahuan lapangan menjadi persyaratan dan batasan dari metode dalam penilaian bahaya aliran longsor rombakan, karena hal tersebut penting untuk pemilihan parameter model dan menafsirkan hasil yang benar dengan mempertimbangkan sifat kompleks penyebab longsor rombakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R. W. V. (1949). *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Batavia: Government Printing Office, The Hague 1949.
- Berti, M., & Simoni, A. (2007). Prediction of debris flow inundation areas using empirical mobility relationships. *Geomorphology*, 90(1–2), 144–161. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.01.014>
- Berti, M., & Simoni, A. (2014). DFLOWZ: A free program to evaluate the area potentially inundated by a debris flow. *Computers and Geosciences*, 67(June), 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.02.002>
- Cruden, D. M., & Vernes, D. J. (1996). Landslide Types and Processes. In T. R. Board (Ed.), *Landslides: Investigation and mitigation*.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Rustan, R., & Purqon, A. (2016). Pemodelan Aliran Debris Flow Untuk Analisis Potensi Longsoran Studi Kasus: Pegunungan Fishhwak, California. *Journal Online of Physics*, 2(1), 6–10. <https://doi.org/10.22437/jop.v2i1.3446>
- Sinarta, I. N., Rifa'i, A., Fathani, T. F., & Wilopo, W. (2016a). Geotechnical Properties and Geologi Age on Characteristics of Landslides Hazards of Volcanic Soils in Bali , Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 11(26), 2595–2599. <https://doi.org/10.21660/2016.26.67987>.

- Sinarta, I. N., Rifa'i, A., Fathani, T. F., & Wilopo, W. (2016b). Pemetaan Ancaman Gerakan Tanah berdasarkan Indeks Stabilitas pada ekstensi SINMAP di Kabupaten Bangli , Bali. *SEMINAR NASIONAL GEOTEKNIK 2016 HATTI Yogyakarta, 1*.
- 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.
- Sinarta, I. N., & Sumanjaya, A. A. G. (2018). Kondisi geologi dan infiltrasi terhadap ancaman gerakan tanah pada batuan vulkanik di kaldera gunung batur. In *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke 12* (Vol. 1, pp. 18–19). Batam, 2018: KoNTekS ke 12.
- Sutawidjaja, I. S. (2009). Ignimbrite Analyses of Batur Caldera , Bali , based on 14 C Dating. *Indonesian Journal on Geoscience, 4*(3), 189–202.
- Tim tanggap darurat gerakan tanah, B. (2017). *Laporan Singkat Bencana Gerakan Tanah Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali*. Bali.



**KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL (KoNTekS) 13**

Banda Aceh, 19-21 September 2019

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Syekh Abdurrauf No.7, Kopelma Darussalam, Banda Aceh 23111.  
Telp. (0651) 7552222, email: [tekniksipil@unsyiah.ac.id](mailto:tekniksipil@unsyiah.ac.id)

Nomor : 015-024/LoA/KoNTekS/XIII/2019

Banda Aceh, 16 Agustus 2019

Kepada YTH.  
Pemakalah KoNTekS 13  
Bapak/Ibu/Saudara (i)  
**Nengah Sinarta, Putu Ika Wahyuni dan Putu Aryastana**  
Di - Tempat

Perihal: **Surat Pemberitahuan Hasil Review Makalah.**

Dengan hormat,  
Berdasarkan hasil telaah makalah dan rekomendasi oleh Tim Reviewer dengan ini kami informasikan bahwa makalah berikut.

**Paper ID: 24**

**“ANALISIS POTENSI LONGSOR ROMBAKAN (DEBRIS FLOW) DENGAN PEMODELAN ALIRAN DI LERENG GUNUNG ABANG, KINTAMANI, BALI”**

Dinyatakan **“DITERIMA/DISETUJUI”** untuk dipresentasikan dan diterbitkan dalam buku kumpulan intisari serta dipublikasikan dalam prosiding. Untuk kesempurnaan makalah, mohon diperiksa kembali layout dan redaksi yang sesuai dengan template KoNTekS 13.

Sehubungan dengan itu, kami mohon pemakalah untuk dapat:

1. Mengumpulkan camera ready melalui sistem CMT (<https://cmt3.research.microsoft.com/KoNTekS2019/Submission/Index>) dengan cara klik "Edit Camera Ready" pada halaman tersebut kemudian "upload file" paling telat 25 Agustus 2019 Jam 18.00 WIB. Mohon diperiksa kembali untuk camera ready sudah sesuai dengan template di <https://konteks.id/download/>. Nama file yang diupload adalah "camera-ready\_PaperID" (misalkan "camera-ready\_426"). Ukuran file maksimal adalah 10 MB dan dengan format \*.doc atau \*.docx.
2. Melunasi biaya konferensi sebesar: (kalkulasi biaya dapat dilakukan melalui <http://konteks.id/biaya/>)
  - a. Mahasiswa : Rp. 800.000,- (Delapan Ratus Ribu Rupiah)
  - b. Umum/Dosen : Rp. 1.000.000,- (Satu Juta Rupiah)Paling lambat 28 Agustus 2019 melalui **Bank Negara Indonesia (BNI) cabang Banda Aceh** dengan nomor rekening: **0805769812** atas nama **KONTEKS 13**, (uang pendaftaran yang sudah ditransfer tidak dapat dikembalikan). Bukti pembayaran diteruskan kepada panitia melalui email: [tekniksipil@unsyiah.ac.id](mailto:tekniksipil@unsyiah.ac.id) dengan cc: [halida.yunita@unsyiah.ac.id](mailto:halida.yunita@unsyiah.ac.id) dan email subject: bukti registrasi\_paper ID (misalkan: bukti registrasi\_462).
3. Setelah melakukan pembayaran, pengisian formulir pendaftaran sebagai pemakalah dilakukan di <http://konteks.id/pendaftaran/pemakalah/>.
4. Mempersiapkan bahan presentasi dalam bentuk power point (\*.ppt/\*.pptx) dengan durasi pemaparan maksimum 15 menit.
5. Bahan presentasi dan biodata pemakalah harus disampaikan kepada panitia melalui email: [tekniksipil@unsyiah.ac.id](mailto:tekniksipil@unsyiah.ac.id) dengan cc: [benazir@unsyiah.ac.id](mailto:benazir@unsyiah.ac.id) dan email subject: expose & biodata\_paper ID (misalkan: expose & biodata\_462), paling lambat tanggal 16 September 2019.

Atas partisipasi dan perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,



**Dr. Renni Anggraini, S.T., M.Eng.**  
Ketua Pelaksana KoNTekS 13

Tembusan:

1. Ketua Panitia Pelaksana KoNTekS 13
2. Peringgal