



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
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

**KONTRAK PENELITIAN TAHUN ANGGARAN 2020
ANTARA
LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WILAYAH VIII
DENGAN
Universitas Warmadewa
Dalam Pelaksanaan Penelitian Dasar
Usulan Lanjutan
Nomor: 1065/LL8/PG/KM/2020**

Pada hari ini **Senin** tanggal **Tiga Puluh** bulan **Maret** tahun **Dua Ribu Dua Puluh**, kami yang bertanda tangan dibawah ini :

1. **Prof. Dr. Drs. I Nengah Dasi Astawa, M.Si** : **Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah VIII** 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**
Nip. 196002091987031002
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: 230800260230800260

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:

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. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi;
7. Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2015 tentang bentuk dan Mekanisme Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;
8. Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah;
9. Peraturan Presiden Nomor 73 Tahun 2019 tentang Kementerian Riset dan Teknologi sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 94 Tahun 2019 tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden Nomor 73 Tahun 2019 tentang Kementerian Riset dan Teknologi;
10. Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2019 Tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 95 Tahun 2019 tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2019 tentang Kementerian Riset dan Teknologi;
11. Keputusan Presiden Nomor 113/P Tahun 2019 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2019 – 2024;
12. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 139/PMK.02/2015 tentang Tata Cara Penyediaan, Pencairan, dan Pertanggungjawaban Pemberian Bantuan Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;
13. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 78/PMK.02/2019 tentang standar biaya Masukan Tahun Anggaran 2020;
14. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 60/PMK.02/2018 tentang Persetujuan Kontrak Tahun Jamak oleh Menteri Keuangan;
15. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 127/PMK.02/2019 tentang standar biaya Keluaran Tahun Anggaran 2020;

16. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 Tahun 2016 tentang Tata Cara Pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer Penelitian sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2019 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 tahun 2016 tentang Pedoman Pembentukan Komite Penilaian dan /atau Reviewer dan Tata Cara Pelaksanaan penilaian dengan menggunakan Standar Biaya Keluaran;
17. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2018 tentang Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri;
18. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2018 tentang Penelitian;
19. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2019 tentang Prioritas Riset Nasional Tahun 2020-2024;
20. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 209/M/KPT/2018 tentang Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi XII;
21. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 105/M/KPT/2019 tentang Penggunaan Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2019;
22. 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 sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Direktur Jenderal Perbendaharaan Kementerian Keuangan Republik Indonesia Nomor per-7/PB/2019 tentang perubahan Atas Peraturan Direktur Jenderal Perbendaharaan Nomor per-15/PB/2017 tentang Petunjuk Pelaksanaan Pembayaran Anggaran Penelitian Berbasis Standar Biaya Keluaran Sub Keluaran Penelitian;
23. Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 8/E1/KPT/2020 tentang Penetapan Pendanaan Penelitian di Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2020.

PASAL 2 RUANG LINGKUP

- (1) Ruang lingkup Kontrak Penelitian ini meliputi Pelaksanaan Penelitian sebanyak **2 (Dua)** judul penelitian dibebankan pada DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Bdan Riset dan Inovasi Nasional Nomor SP DIPA -042.06.1401516/2020 tanggal 12 November 2019.
- (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. 2 (dua) tahun ; dan
 - b. 3 (tiga) tahunYang mulai berlaku sejak tahun 2020
- (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.
- (3) Keberlanjutan penelitian sebagaimana tercantum dalam Lampiran Kontrak ditentukan berdasarkan hasil penilaian atas capaian tahun berjalan yang dilakukan oleh komite Penilaian Keluaran 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 yang ada di Perguruan Tinggi Swasta dilingkungan **Universitas Warmadewa**
 - 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 2020 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.167,925,000,-** (**Seratus enam puluh tujuh juta sembilan ratus dua puluh lima ribu Rupiah**) (jumlah keseluruhan) yang dibebankan kepada DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Bdan Riset dan Inovasi Nasional Nomor SP DIPA -042.06.1401516/2020 tanggal 12 November 2019.
- (2) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap:
- a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar **Rp 167,925,000,-** (**Seratus enam puluh tujuh juta sembilan ratus dua puluh lima ribu Rupiah**)
 - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar **Rp ,()**
 - c. Pembayaran dana luaran tambahan sebesar **Rp, ()**
- dari Kantor Perbendaharaan 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 penilaian telah diunggah ke laman SIMLITABMAS.
- (4) Biaya luaran tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** pada bulan oktober tiap tahun.
- (5) Apabila luaran tambahan dinyatakan tidak valid oleh **PIHAK PERTAMA** sebagaimana dimaksud pada pasal 4 ayat (1), maka dana luaran tambahan yang sudah diterima harus dikembalikan ke kas Negara.
- (6) Pendanaan Kontrak Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dibayarkan kepada Institusi sebagai berikut.

Nama Institusi	: Universitas Warmadewa
Nomor Rekening	: 054,02,02,32660-2
Nama penerima pada rekening	: Lembaga Penelitian Univ Warmadewa
Nama Bank	: BPD Bali
Alamat Bank	: Kantor Kas Warmadewa
Kota	: Denpasar
NPWP Perguruan Tinggi	: 31,183,742,1-903,000

- (7) **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 (6).

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** dikenai 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 3 (tiga) 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/ Nik : 230800260



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
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 Dana : **Rp. 167,925,000**
Terbilang : Seratus enam puluh tujuh juta sembilan ratus dua puluh lima ribu Rupiah
Untuk Pembayaran : Biaya Pelaksanaan Kegiatan Penelitian Dasar Usulan Lanjutan Tahap 100 %
Jumlah Judul : Sebanyak 2 JUDUL
Nama PTS : Universitas Warmadewa
Dana Tambahan : **Rp.**
Terbilang :

Tahun Anggaran 2020

SETUJU DIBAYAR:

Kuasa Pengguna Anggaran (KPA)
LLDIKTI Wilayah VIII


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

Denpasar, 30 Maret 2020

Yang Menerima


METERAI
TEMPEL

7000 (Rp) F946635875

6000
ENAM RIBU RUPIAH

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
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 Lanjutan
BAGI DOSEN PERGURUAN TINGGI SWASTA
DILINGKUNGAN LLDIKTI WILAYAH VIII
NOMOR : 1065/LL8/PG/KM/2020

Pada hari ini, **Senin** Tanggal **Tiga Puluh** bulan **Maret** tahun **Dua Ribu Dua Puluh** 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

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- -042.06.1401516/2019 tanggal 12 November 2019.
No. dan Tanggal SP2H : 230 / SP2H/AMD/LT/DRPM/2020 dan 1065/LL8/PG/KM/2020
Nilai SP2H : **Rp. 167,925,000 (Seratus enam puluh tujuh juta sembilan ratus dua puluh lima ribu Rupiah)**
Uraian Pekerjaan : Biaya Pelaksanaan Hibah Penelitian Dasar Usulan Lanjutan bagi Dosen tahun anggaran 2020
- 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 : 100 %
 2. Perhitungan Pembayaran
 - a. Jumlah Pembayaran Fisik pada BAP ini 100 % : Rp. 167,925,000,-
 - b. Jumlah Pembayaran fisik BAP pada BAP lalu : Rp. -
 - c. Jumlah Pembayaran fisik s.d BAP ini : Rp. 167,925,000,-

PIHAK KEDUA setuju atas jumlah pembayaran tersebut diatas dan dibayarkan melalui Bank **BPD Bali**, 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 BELANJA
BERDASARKAN ADENDUM KONTRAK PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2020

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/AMD/LT/DRPM/2020
No. Kontrak : 1065/LL8/PG/KM/2020
Jumlah Judul : 2 Judul
Jumlah Dana 100% : Rp., 167,925,000 (Seratus enam puluh tujuh juta sembilan ratus dua puluh lima ribu Rupiah)
Dana Tambahan : Rp. ()
Nama Skim : Penelitian Dasar usulan Lanjutan

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. Bertanggung Jawab atas Peneliti yang membatalkan penelitian, Mengganti Ketua/anggota peneliti, agar melaporkannya ke Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional , Email : pk.drpm@gmail.com
4. Berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke kas Negara;
5. Bertanggung jawab penuh atas data dan administrasi pelaksanaan penerima Kontrak Penelitian;
6. Berkewajiban untuk menindak lanjuti dan mengupayakan hasil kontrak penelitian yang dilakukan secara efektif dan efisien;
7. Berkewajiban untuk menyimpan Hardcopy dan softcopy Laporan Kemajuan dan Laporan akhir kontrak penelitian.

Denpasar, 30, Maret 2020
Pimpinan Perguruan Tinggi Swasta



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

Lampiran Kontrak Pelaksanaan Penelitian Tahun 2020
Tahun Jamak Usulan Lanjutan : 2020

Nama PT : Universitas Warmadewa
Provinsi : BALI

No	nama_institusi_baru	nama_skema	sts_usulan	judul	nidn	nama	dana_penelitian_2020	luaran_tambahan_2020	dana_luaran_tambahan_2020
1	Universitas Warmadewa	Penelitian Dasar	lanjutan	KAJIAN DAN ANALISIS ANCAMAN BENCANA TANAH LONGSOR ROMBAKAN (DEBRIS FLOW) PADA LERENG GEOPARK BATUR (Study Kasus di Desa Abang Batuinding dan Desa Terunyan)	0802077001	I NENGAH SINARTA	Rp 102,875,000		
2	Universitas Warmadewa	Penelitian Dasar	lanjutan	STABILISASI GEL LIDAH BUAYA SEBAGAI EDIBLE COATING BUAH STROBERI	0822016601	LUH SURIATI	Rp 65,050,000		
SUB TOTAL							Rp 167,925,000		



**Kontrak Penelitian Dasar
Usulan Lanjutan
TAHUN ANGGARAN 2020
Nomor : 697/UNWAR/LEMLIT/PD-13/2020**

Pada hari ini **Senin** tanggal **Tiga Puluh** bulan **Maret** tahun **Dua Ribu Dua Puluh**, 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. Ir. I Nengah Sinarta, S.T., M.T.** : 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 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi;
7. Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah;
8. Peraturan Presiden Nomor 73 Tahun 2019 tentang Kementerian Riset dan Teknologi sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 94 Tahun 2019 tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden Nomor 73 Tahun 2019 tentang Kementerian Riset dan Teknologi;
9. Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2019 tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 95 Tahun 2019 tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2019 tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional;

10. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 139/PMK.02/2015 tentang Tata Cara Penyediaan, Pencairan, dan Pertanggungjawaban Pemberian Bantuan Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;
11. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 78/PMK.02/2019 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2020;
12. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 127/PMK.02/2019 tentang Standar Biaya Keluaran Tahun Anggaran 2020;
13. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 Tahun 2016, tentang Tata Cara Pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer Penelitian sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2019 tentang perubahan atas Peraturan menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 tahun 2016 tentang Pedoman pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer dan Tata Cara Pelaksanaan Penilaian dengan menggunakan Standar Biaya Keluaran;
14. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2018, tentang Penelitian;
15. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2019 tentang Prioritas Riset Nasional Tahun 2020-2020;
16. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 209/M/KPT/2018, tentang Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi XII;
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 sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Jenderal Perbendaharaan kementerian Keuangan Republik Indonesia Nomor per-7/PB/2019 tentang perubahan Atas Peraturan Direktur Jenderal Perbendaharaan Nomor per-15/PB/2017 tentang Petunjuk Pelaksanaan Pembayaran Anggaran Penelitian Berbasis Standar Biaya Keluaran Sub Keluaran Penelitian;
18. Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 8/E1/KPT/2020 tentang Penetapan Pendanaan Penelitian di Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2020;
19. Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2020 antara Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah VIII dengan Universitas Warmadewa Dalam Pelaksanaan Penelitian Dasar Usulan Lanjutan Nomor: 1065/LL8/PG/KM/2020.

PASAL 2

Jangka Waktu

- (1) Kontrak Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 2 (dua) tahun dan 3 (tiga) tahun yang mulai berlaku sejak tahun 2020.
- (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) Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor SP DIPA-042.06.1401516/2020 tanggal 12 November 2019.

PASAL 4

Cara Pembayaran

- (1) Pendanaan Penelitian dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara sekaligus (100%):
 - a. Pendanaan Penelitian keseluruhan sebesar **Rp. 102.875.000,- (Seratus dua juta delapan ratus tujuh puluh lima ribu rupiah)**
 - b. Pembayaran dana luaran tambahan sebesar **Rp. ,- (Nol Rupiah)** dibayarkan bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua skema yang lainnya.
- (2) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a, diberikan dengan ketentuan apabila revisi proposal penelitian telah diunggah ke laman SIMLITABMAS.
- (3) 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 b 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. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 - b. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan. **Paling lambat tanggal 18 September 2020**;
- (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:
Kementerian Riset dan Teknologi/
Badan Riset Dan Inovasi Nasional (RISTEK-BRIN)
sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2020

- (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 2020 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. Ir. I Nengah Sinarta, S.T., M.T.
NIDN: 0802077001

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

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.

**Laporan Hasil Penelitian Dasar
2019-2020**

**Surat Keputusan Nomor: 0876/L8/KM/2019 dan 230/SP2H/LT/DRPM/2019 dan
Perjanjian/Kontrak Nomor: 1065/LL8/PG/KM/2020**

**KAJIAN DAN ANALISIS ANCAMAN BENCANA TANAH 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, 2020

BAB I PENDAHULUAN

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°03'07" 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 merupakan sebuah struktur runtuh berbentuk elips berukuran 13,8 × 10 km², terbentuk sekitar 29.300 tahun lalu. Kaldera ini menghasilkan endapan piroklastik dasitik sebesar 84 km³, yang

disebut “Ignimbrit Ubud”. Kaldera Batur II merupakan sebuah struktur runtuh berbentuk lingkard berdiameter 7,5 km, yang terbentuk sekitar 20.150 tahun lalu, dan menghasilkan endapan piroklastik dasitik 19km³, 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 Bangli ini 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 dengan menggunakan pemodelan DFLOWZ?
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:

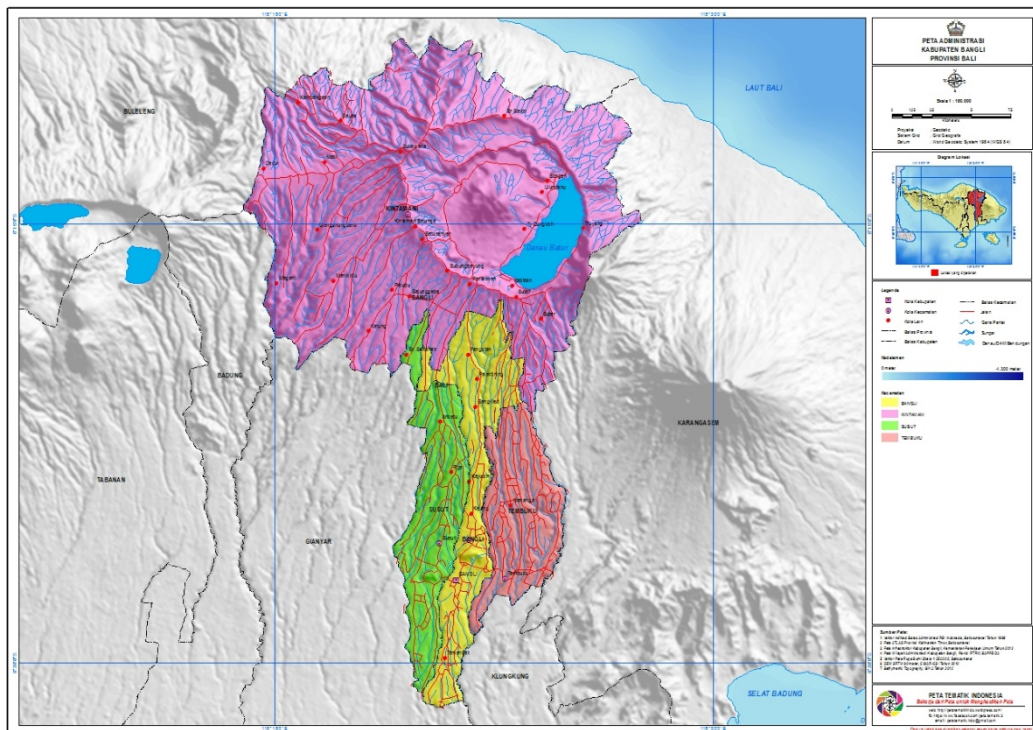
1. Untuk menganalisis debit banjir rancangan
2. Untuk menganalisis debit banjir debris
3. Untuk merencanakan Sabo Dam

1.5 Lokasi Penelitian

Secara astronomi Kabupaten Bangli terletak antara $115^{\circ} 13' 43''$ BT - $115^{\circ} 27' 24''$ BT dan $8^{\circ} 08' 30''$ LS - $8^{\circ} 31' 07''$ 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 km², atau 9,24% dari luas Pulau Bali.



Gambar 1.2 Lokasi Penelitian Kabupaten

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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 bangunan-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 perubahan 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 :

$$\frac{Px}{Nx} = \frac{1}{n} \left(\frac{P1}{N1} + \frac{P2}{N2} + \dots + \frac{Pn}{Nn} \right) \quad (2-1)$$

Dengan :

Px = 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 :

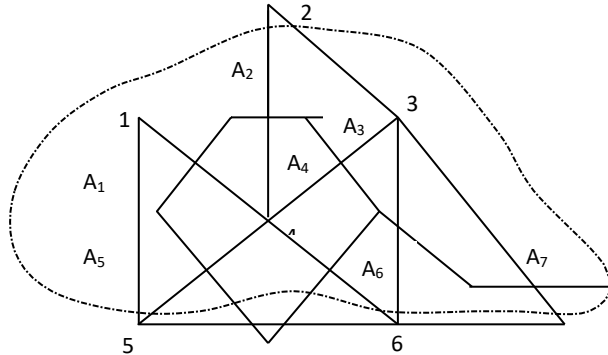
p = Tinggi curah hujan

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...,n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = 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 = Reduced mean sebagai fungsi dari banyak data n

S_n = Reduced standard deviasi fungsi dari banyaknya data n

Dengan mensubstitusikan ketiga persamaan diatas diperoleh :

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

Jika :

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

Persamaan diatas menjadi :

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

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 :

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

Simpangan baku :

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

Koefisien kemencengan :

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

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

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

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 Asimetri 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 :

$$-\infty < X < +\infty \quad (2-13)$$

Dimana :

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

$$\pi = 3,14156$$

$$e = 2,71828$$

$$X = \text{variabel acak kontinu}$$

$$\mu = \text{rata-rata nilai } X$$

$$\sigma = \text{deviasi standar nilai } X$$

Untuk analisis kurva normal cukup menggunakan parameter statistic μ dan σ . 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 :

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

Jika pada nilai X adalah standar, dengan kata lain 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	0,0119	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	0,1711	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

μ_Y = nilai rata-rata populasi

σ_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 (Kt) untuk Metode Sebaran Log Normal

T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt
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)

R₂₄ = 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 (α) 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 χ^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 :

χ_h^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = 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 :

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

Peluang untuk mencapai χ_h^2 sama atau lebih besar dari nilai chi-kuadrat sebenarnya (χ^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	(α) 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:

Δ_{\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, α			
	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 angin 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 (Rn) dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

dengan :

$$R_n = \text{Hujan netto}$$

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%	0,05 – 0,10
	rata-rata 2 – 7% curam 7%	0,10 – 0,15 0,15 – 0,20
	Halaman tanah berat	
	datar 2%	0,13 – 0,17
	rata-rata 2 – 7% curam 7%	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%	0,10 – 0,40
	bergelombang, 5 – 10% berbukit 10 – 30%	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 (m³/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 :

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

$$T0,3 = \alpha \times Tg \quad (2-34)$$

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

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

- Sungai dengan panjang kurang dari 15 km, maka

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

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

$$0 < t \leq Tp$$

$$Qt = Qmaks \times \left[\frac{t}{TP} \right]^{2,4} \quad (2-37)$$

- Pada kurva turun

$$\text{➤ } 0 \leq t \leq (Tp + T0,3)$$

$$Qt = Qp \times 0,3^{\frac{t-Tp}{T0,3}} \quad (2-38)$$

$$\text{➤ } (Tp + T0,3) \leq (Tp + T0,3 + T0,3^2)$$

$$Qt = Qp \times 0,3^{\frac{t-Tp+0,5T0,3}{1,5T0,3}} \quad (2-39)$$

$$\text{➤ } t \leq (Tp + T0,3 + 1,5 T0,3)$$

$$Qt = Qp \times 0,3^{\frac{t-Tp+1,5T0,3}{2T0,3}} \quad (2-40)$$

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 perhitungan 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:

β_1 = Lebar Pelimpah (m)

α = Koefisien Debit (0,6 – 0,66)

Q_p = Debit banjir rencana + sedimen (12% dari debit banjir rencana dalam m³/detik)

Adapun besarnya nilai α dapat diketahui pada tabel berikut :

Tabel 2.11 Besarnya nilai α berdasarkan luas daerah aliran

Luas Daerah Aliran (km ²)	Nilai α
A < 1	2 – 3
1 ≤ A ≤ 10	2 – 4
10 ≤ A ≤ 100	3 – 5
A > 100	5 – 6

Sumber : Sabo Design VSTC

B. Kedalaman Pelimpah (h)

Kedalaman pelimpah dihitung berdasarkan rumus Weir.

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

dengan:

Q_p = Debit banjir rencana termasuk sedimen ($m^3/detik$)

C = Koefisien debit (0,6 – 0,66)

g = Percepatan gravitasi ($9,8m^2/dt$)

B_1 = Lebar pelimpah bawah (m)

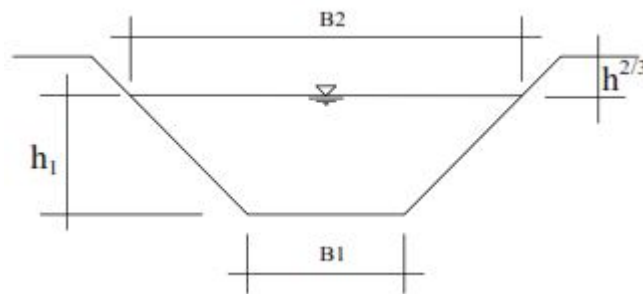
B_2 = Lebar permukaan air (m)

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 :

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



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) $m^3/detik$	Jagaan (h_3') 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 belokan dalam karena muka air akan naik di belokan 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. Tampungan 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

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

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

$$m^2 - 2n^2 + 4n^2 + 2m^2 - 3n^2 + 4n^2 + 3n^2 + n^2 = (2-46)$$

dengan:

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

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

H = Tinggi check dam (m)

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

$$\gamma_0 = h_0 / H$$

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

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

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

γ_s = Berat volume sedimen dalam air (ton/m³)

γ_0 = Berat volume air (1,0 ton/m³)

Ce = 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 ≤ 8,0 m
0,55	8,0 < H ≤ 11,0 m
0,60	11,0 ≤ H ≤ 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:

H₁ = Tinggi main dam (mulai dari permukaan lantai hilir sampai mercu)

H₂ = 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 energi 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:

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

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

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

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

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

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 longsoran 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 = Tinggi side wall (m)

w = Tinggi jagaan (m)

h_3 = Tinggi muka air diatas pelimpah (m)

h_2 = 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

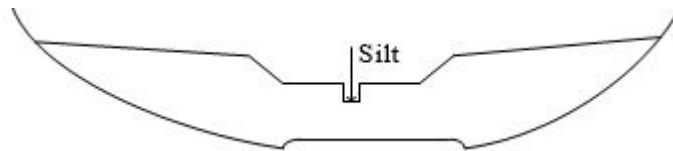
$$V = C \times \sqrt{g \times b_i} \quad (2-57)$$

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.



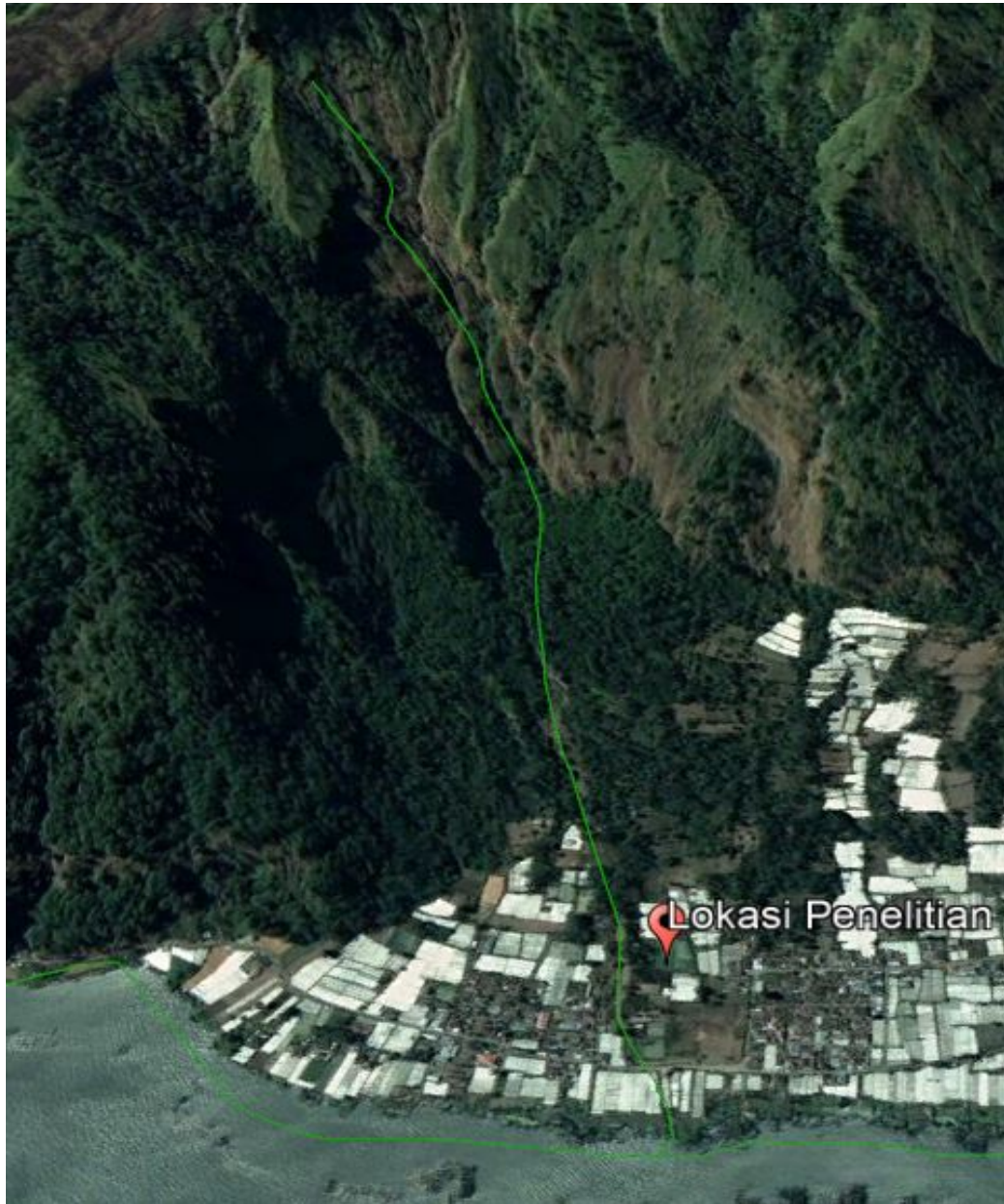
Gambar 2.3 Gambar Letak Silt

Sumber: Sabo Design VSTC

BAB III METODE PENELITIAN

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:

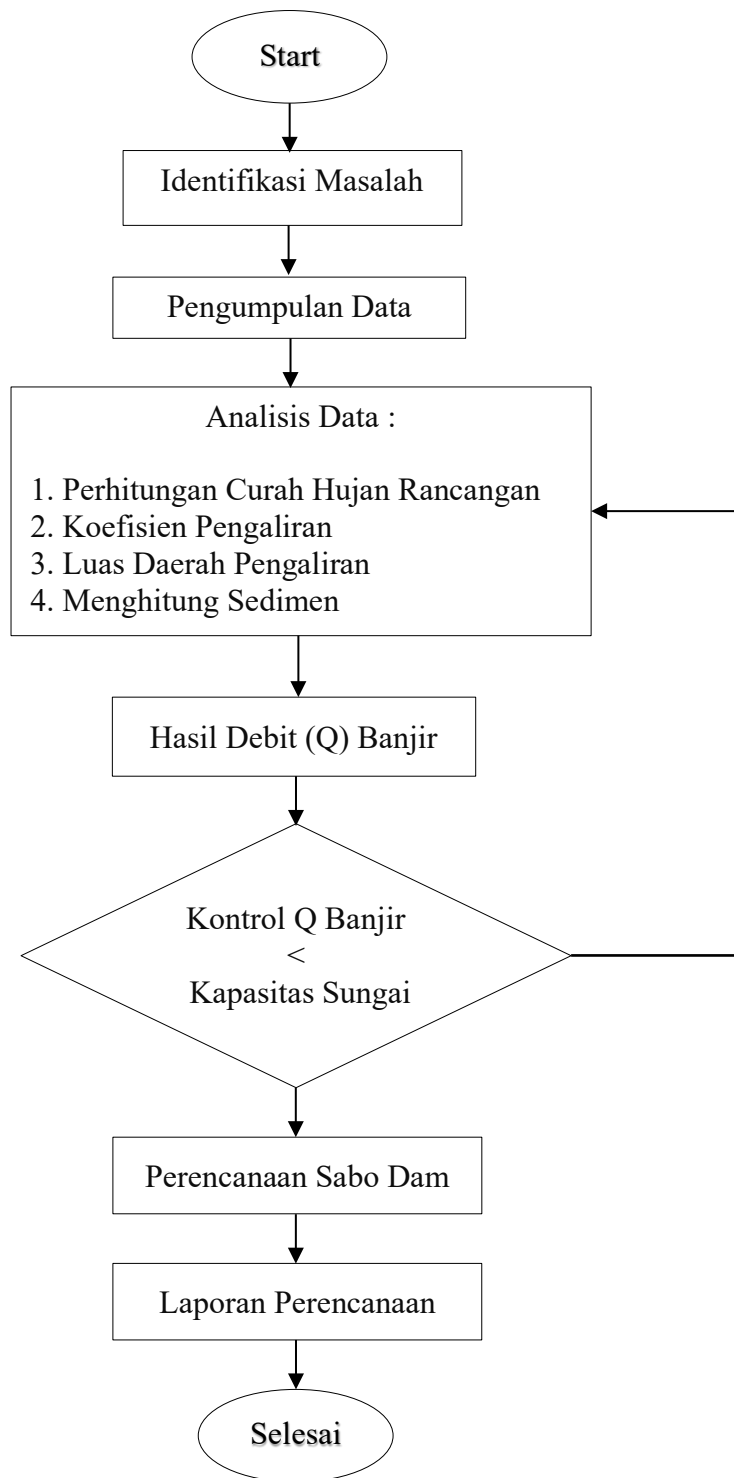
1. Data Curah Hujan Bulanan

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

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

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

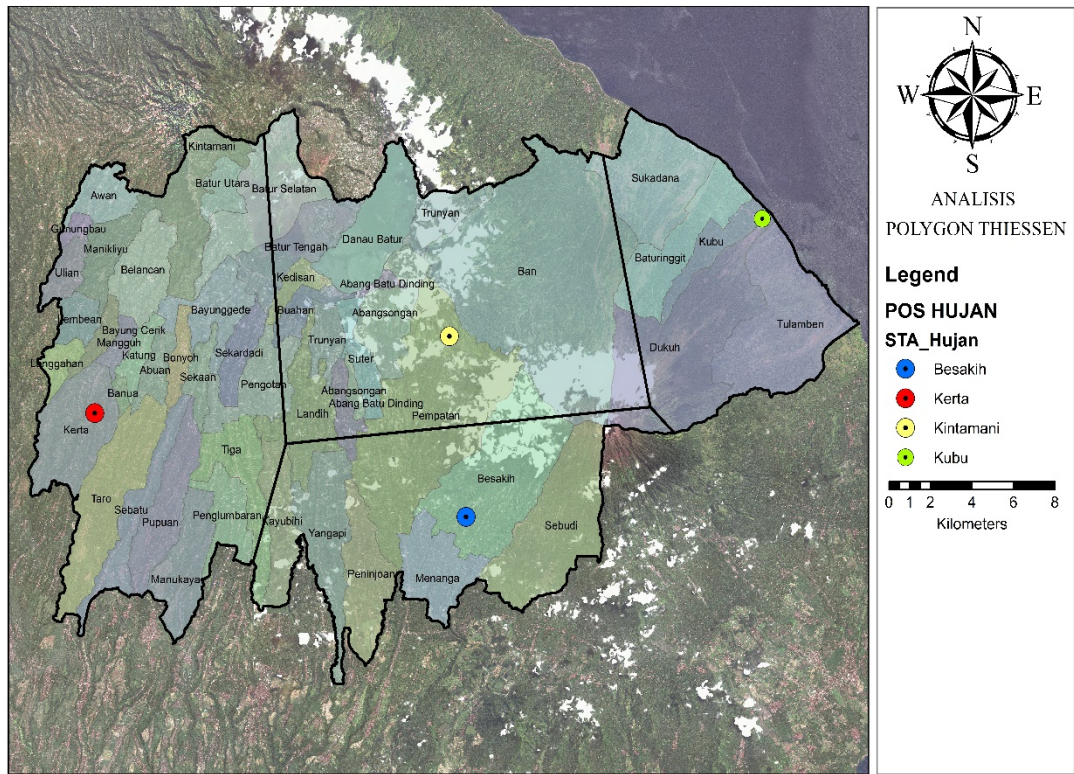
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	CH Maksimum
2009	57.5	93.0	47.5	18.5	23.4	12.0	11.0	10.8	12.4	13.1	29.0	24.0	93.0
2010	41.0	29.0	32.0	23.0	71.0	5.0	16.0	6.0	23.0	25.0	32.0	73.0	73.0
2011	96.0	76.5	75.5	78.5	8.0	23.5	8.6	8.0	15.0	15.9	7.5	24.5	96.0
2012	77.0	75.0	115.0	42.0	12.4	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



Gambar 4.1 Luasan Daerah Poligon

Sumber : ArcMap 10.6.1

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.

Keterangan :

Luas area polygon Kintamani = 201.9 km²

Luas area polygon Kubu = 100.8 km²

Luas area polygon Besakih = 130.7 km²

Luas area polygon Kerta = 208.6 km²

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*).

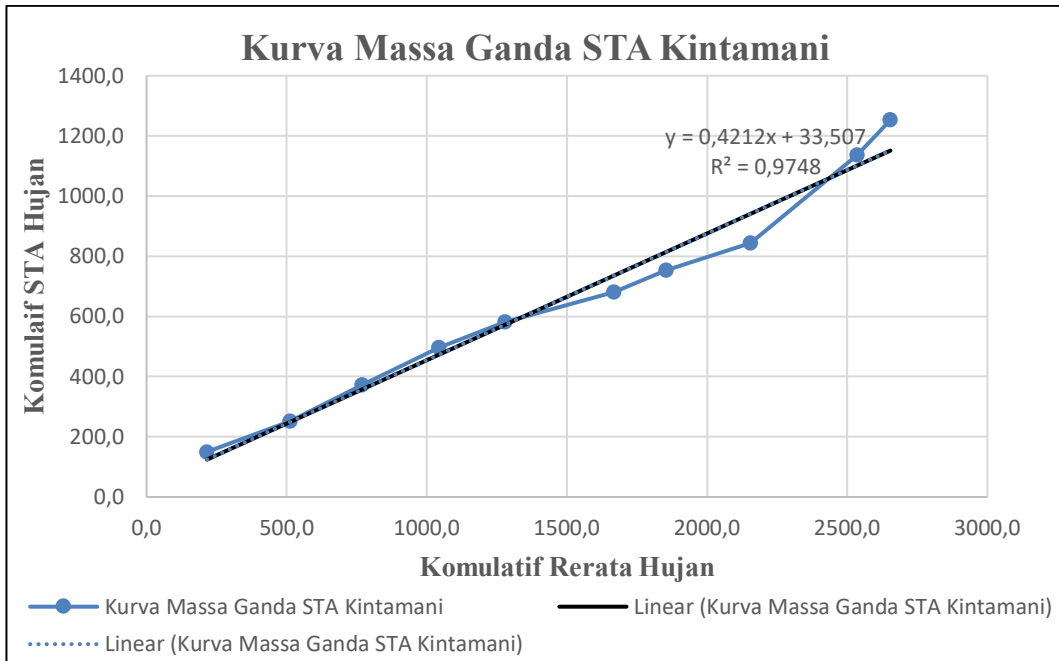
A. Metode Kurva Massa Ganda

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

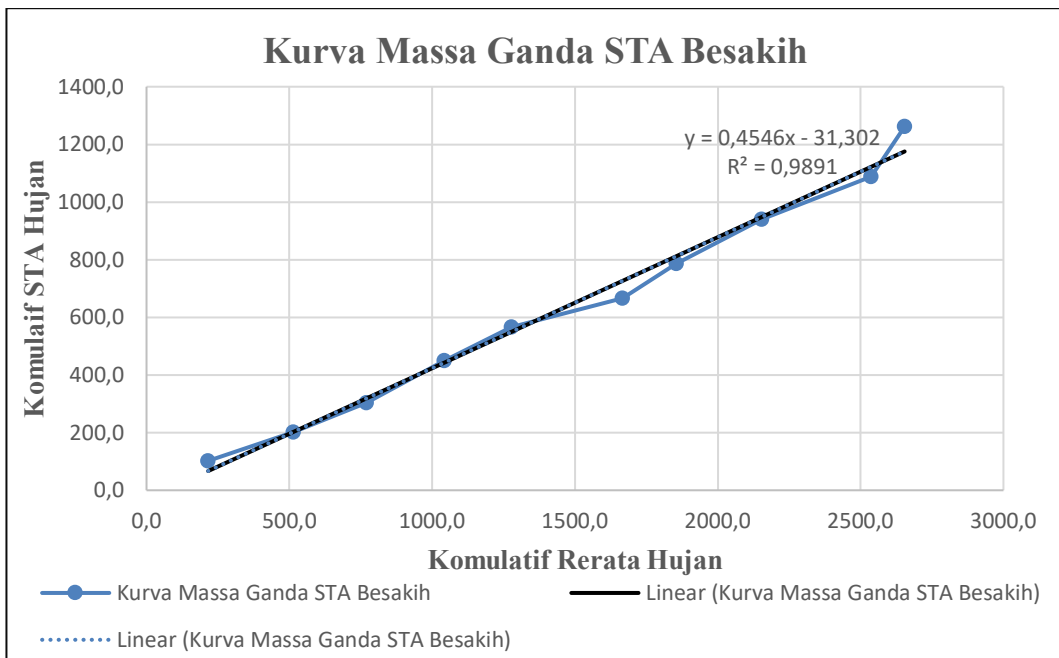
Data dapat digunakan apabila nilai korelasi (R^2) minimal $> 0,5$ atau korelasi kuat. Dalam kasus ini, pengujian konsistensi data dilakukan antara rata-rata penjumlahan kumulatif data stasiun Petang Kapal dan Beraban (sumbu x) terhadap penjumlahan kumulatif data stasiun petang, kumulatif data stasiun 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 kepanggaan. Jika grafik bernilai R^2 atau determinasi lebih dari 1 maka data tersebut dinyatakan tidak panggaan. Kepanggaan 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:



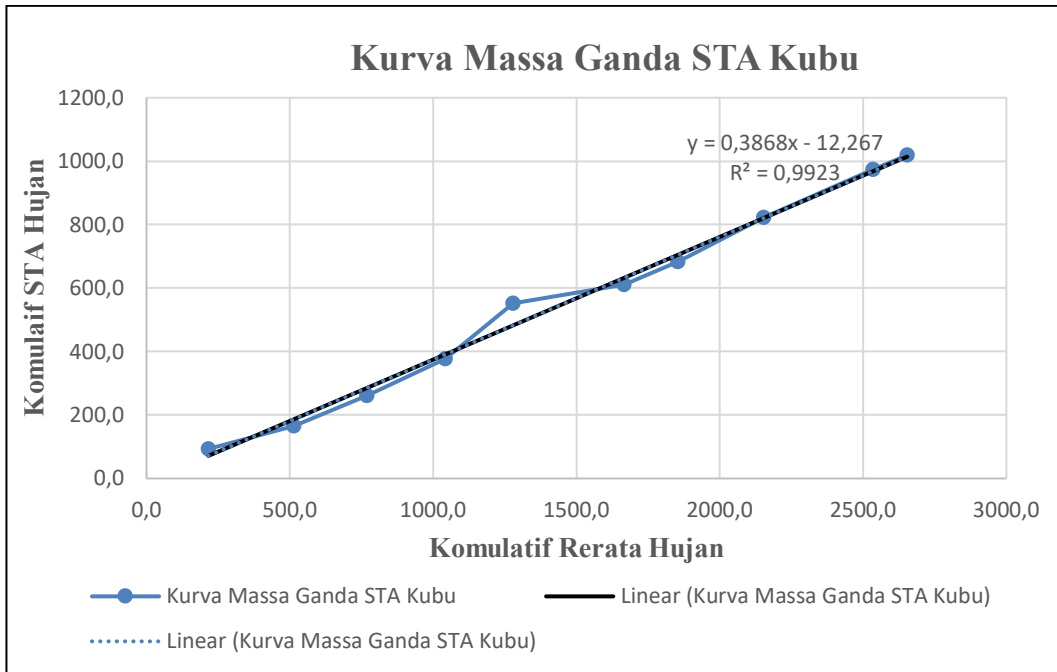
Gambar 4.2 Kurva Masa Ganda STA Kintamani

Sumber : Hasil Analisa 2019



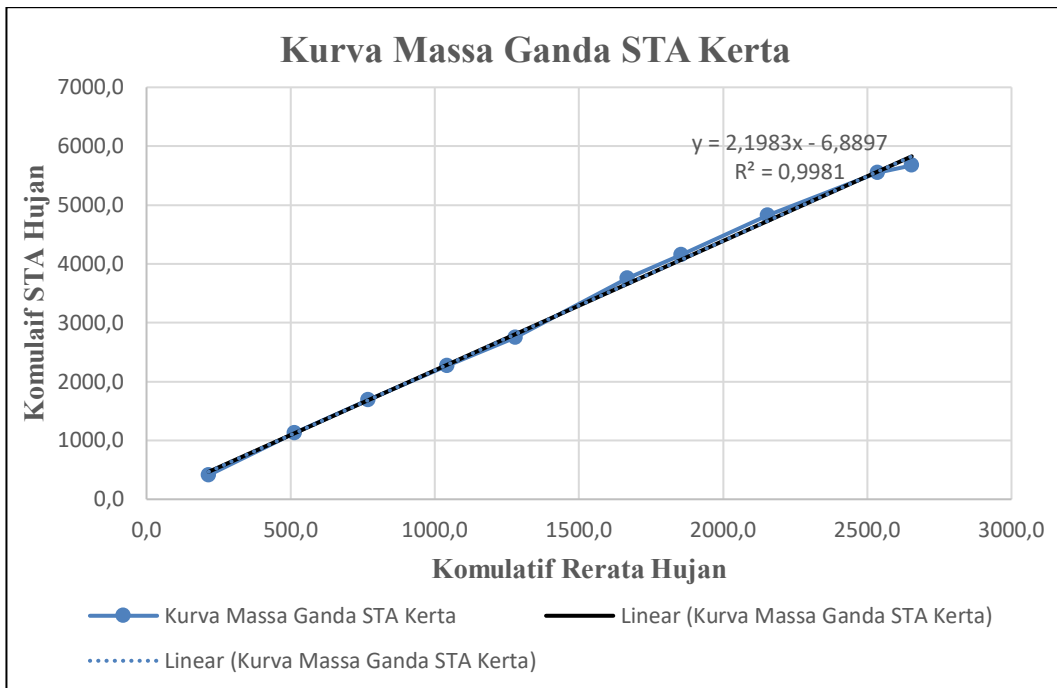
Gambar 4.3 Kurva Masa Ganda STA Besakih

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
Jumlah		1253.0		3574.61	
Rerata		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					
Q/√n = 0.887 < 1,14 95% -----> OKE					
R/√n = 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
Jumlah		1261.5		652.6025	
Rerata		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/√n = 0.580 < 1,14 95% -----> OKE					
R/√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
Jumlah		1018.6		1609.7864	
Rerata		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/√n = 0.573 < 1,14 95% -----> OKE					
R/√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
Jumlah		5673.0		50971.47032	
Rerata		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/√n = 0.614 < 1,14 95% -----> OKE R/√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 analisa 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)	$X_i - \bar{X}_r$	$(X_i - \bar{X}_r)^2$	$(X_i - \bar{X}_r)^3$	$(X_i - \bar{X}_r)^4$
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	2016	299.7	34.3	1176.9	40373.6	1385043.7
9	2017	381.3	115.9	13423.1	1555180.3	180180448.2
10	2018	118.1	-147.3	21702.1	-3197077.9	470981982.6
Jumlah		2654.1	0.0	61889.7	-332750.9	922779002.7
Rerata (\bar{X}_r)		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	$(\text{Log Xi} - \text{Log X})^2$	$(\text{Log Xi} - \text{Log X})^3$
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

(Cs) 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 (Cs) 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.

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					Δ Max	
	Rerata (LogX)	2.384					=	0.115
	Std. Dev (SLogX)	0.198						
	Cs	-1.781						

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

Sumber : Hasil Analisa 2019

Keterangan :

- [1] = Nomor [5] = (LogXi-LogX)/SLogX
[2] = Data [6] = (Interpolasi berdasarkan nilai Cs dan K)/100
[3] = Log Xi [7] = 1-[6]
[4] = [1] / [n+1] [8] = [7] - [4]

Banyaknya data = 10

Taraf signifikan 5% = 0,5

Δ Cr dapat dilihat pada Tabel 2.8 didapatkan nilai = 0,41

Δ Max dapat dilihat pada Tabel 4.13 dengan nilai = 0.115

Sehingga dapat ditarik kesimpulan yaitu nilai Δ Max < Δ 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

$$\text{LogX} = \text{LogXrt} + (\text{GxS})$$

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 $Rt = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3}$

Dengan :

Rt = Distribusi hujan (mm/jam)

R₂₄ = 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 T0,3 digunakan persamaan 2-34. Dari persamaan tersebut didapat nilai Tp dan T0,3 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

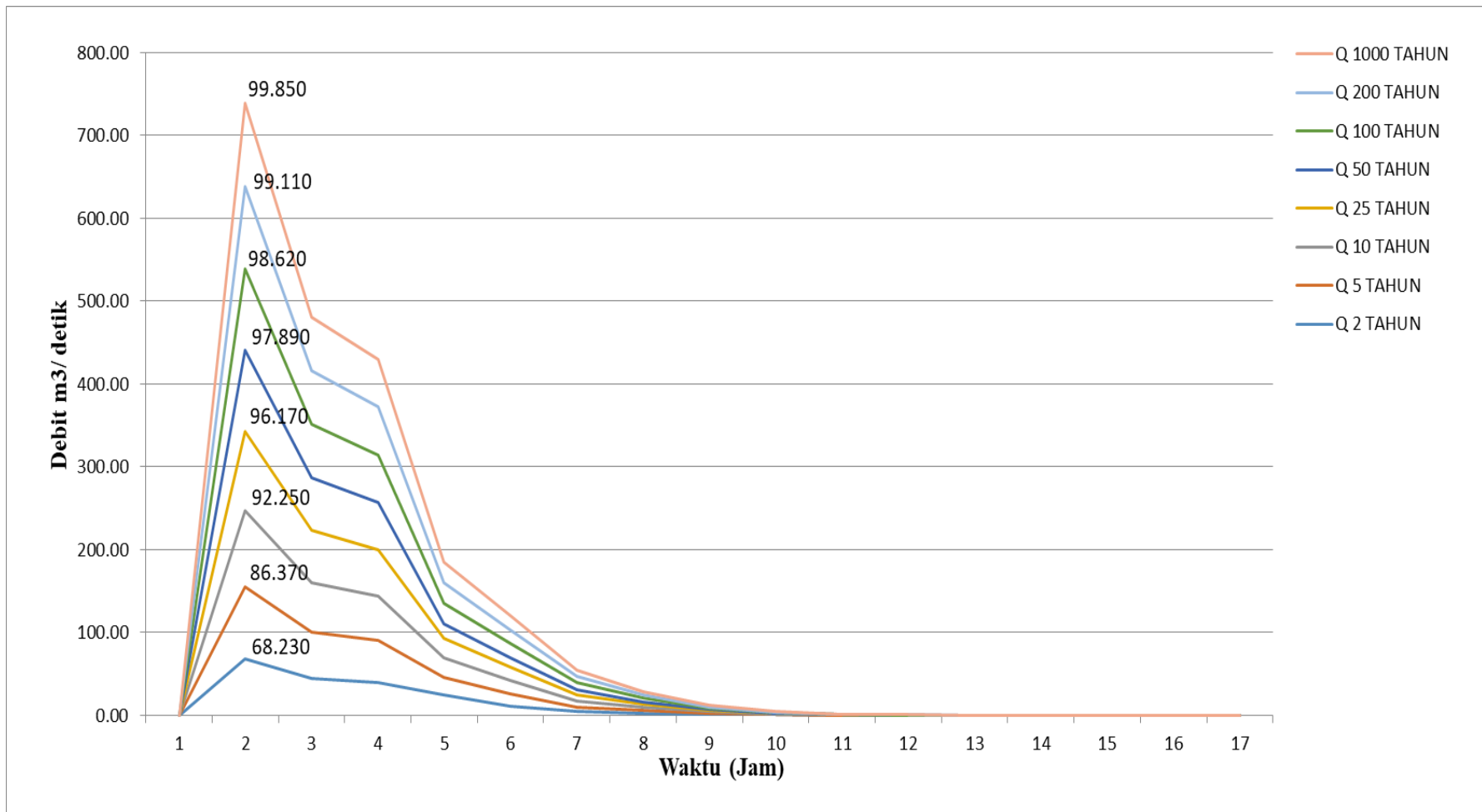
Adapun Rekapitulasi hasil perhitungan Hidrograf debit rencana dengan Metode HSS Nakayasu disajikan dalam tabel sebagai berikut:

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
0.507	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
1.142	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
2.093	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

Tabel 4.18 Rekapitulasi Debit Rencana Dengan Metode HSS Nakayasu

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 m³/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 seperti tabel berikut ini:

Tabel 4.19 Rekapitulasi Hasil Penyelidikan Tanah

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

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 (γ_d) = 1.68 gr/cm³
3. Kohesi (c) = 8.30 kN/m²
4. Sudut geser = 30.45 °

4.3 Pemodelan Aliran Debris

4.3.1 Kondisi Geologi Permukaan

Kondisi geologi permukaan daerah studi 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 40o-45o, 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 4.7.



Gambar 4.7 Longsoran debris menutup Pura Tuluk Biyu dan keratan longsor

Gambar 4.7 sebelah kanan menunjukkan lokasi timbunan akibat longsor rombakan, kemudian Gambar 4.7 sebelah kiri menunjukkan longsoran 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.

4.3.2 Pemodelan Debris Flow

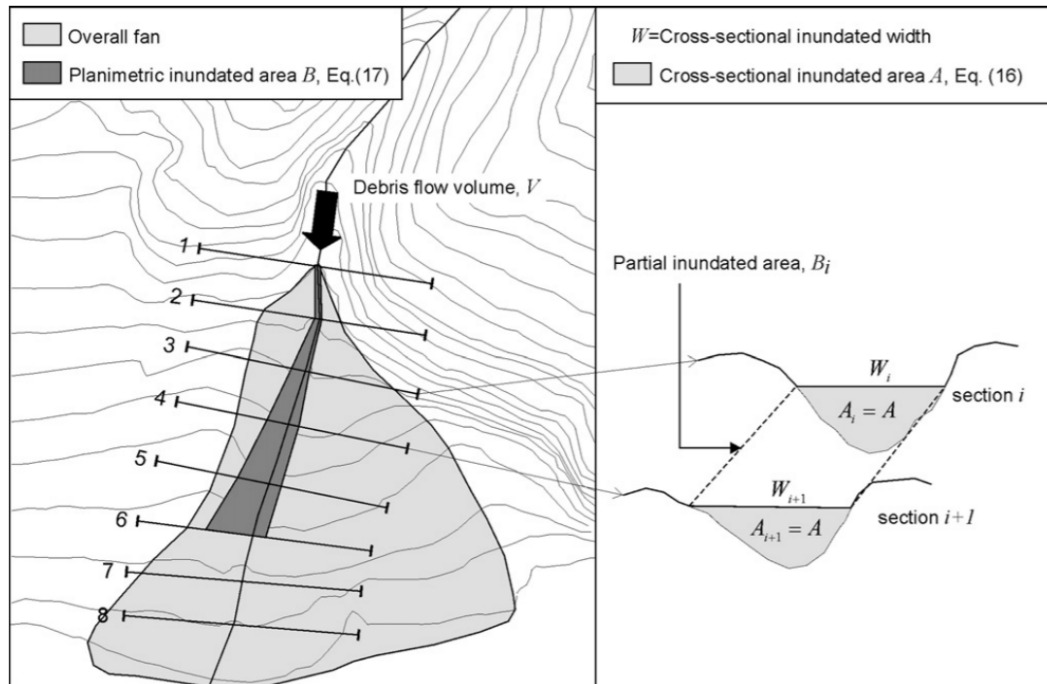
Untuk memprediksi daerah yang berpotensi menjadi genangan aliran debris apabila suatu bukit mengalami longsor, digunakan perangkat lunak *DFLOWZ*. *DFLOWZ* pertama kali diusulkan oleh Berti and Simoni, (2007), program *DFLOWZ* merupakan hasil modifikasi dari metode LAHARZ untuk simulasi aliran lahar 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).

Data DEM yang diinput pada program *DFLOWZ* harus dalam bentuk file ASCII Grid yang berekstensi .asc dan data garis (polyline) dalam bentuk file yang bekestensi .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.

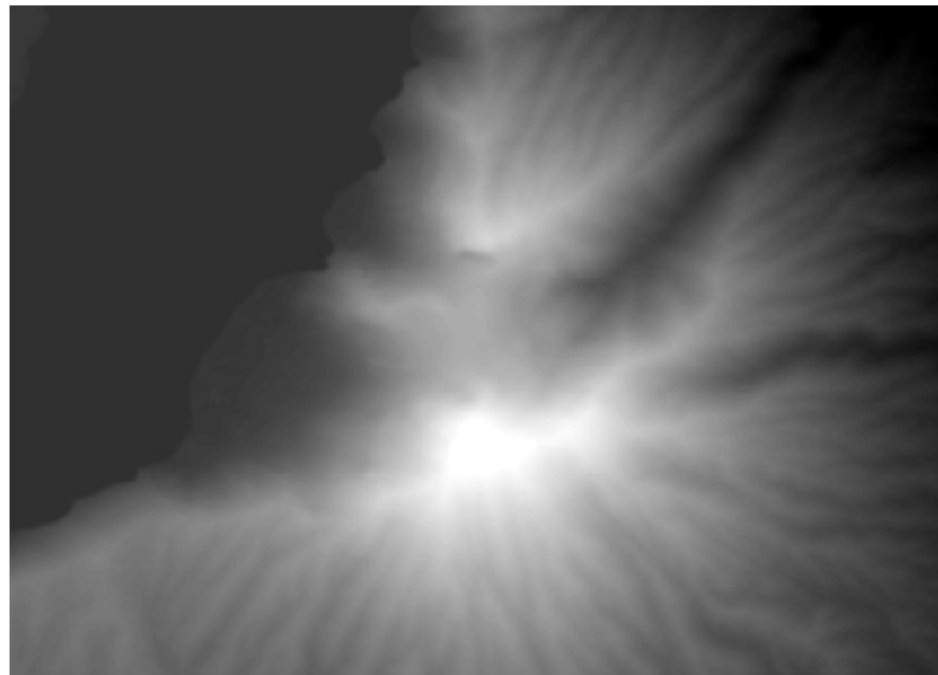


Gambar 4.8 Ilustrasi perhitungan volume pada DFLOWZ (Matteo Berti & Simoni, 2007)

Analisis terhadap genangan yang mungkin terjadi setelah kejadian sebelumnya memberikan nilai estimasi volume kumulatif longsor rombakan. Analisis dilakukan berdasarkan gambar citra satelit seperti Gambar 4.9 dan *digital elevation model* (DEM) pada Gambar 4.10 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.

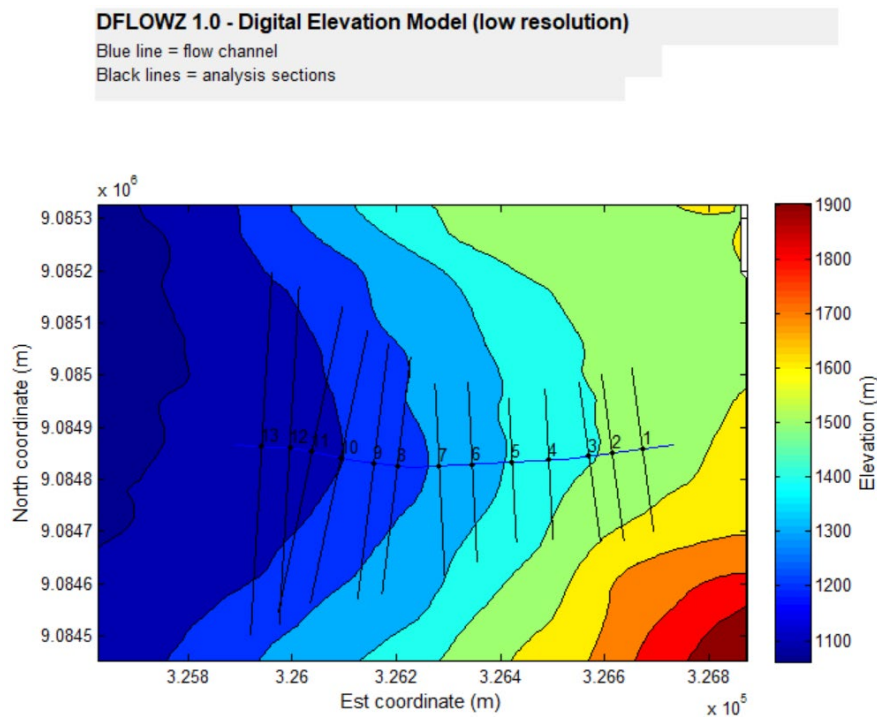


Gambar 4.9 Citra satelit *debris flow* di Gunung Abang, Kintamani



Gambar 4.10 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 4.10. 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 beresolusi 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 4.11 menunjukkan posisi flowpath dan section setelah diinput pada program DFLOWZ.

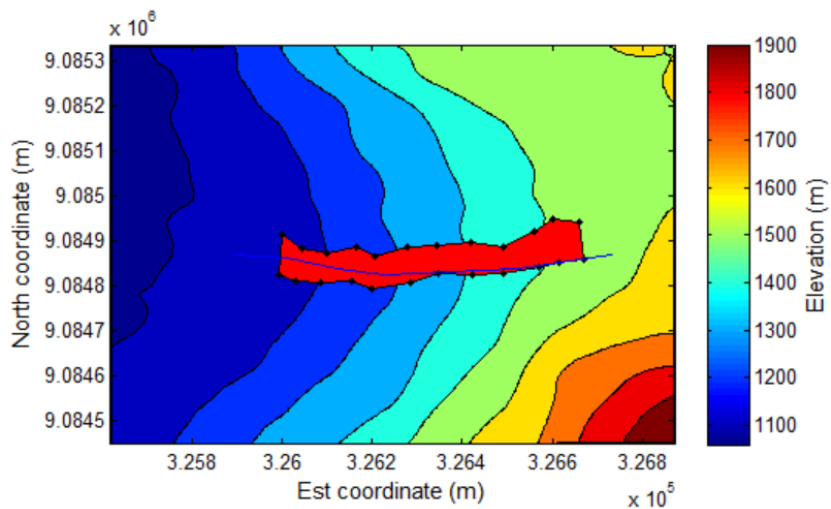


Gambar 4.11 Flowpath dan section aliran debris flow pada program DFLOWZ

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. Longsor 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 m³ berdasarkan Gambar 4.12 dengan ketebalan rata-rata 0,50 meter.



Gambar 4.12 Estimasi volume longsoran debris flow (warna merah)



Gambar 4.13 Hasil analisis DFLOWZ

Pada Gambar 4.12. menunjukkan estimasi luapan genangan seluas 288.586 m². Berdasarkan analisis DFLOWZ menunjukkan luas deposit tertahan yang berpotensi menyebabkan longsoran rombakan seluas 49.830 m², dengan tinggi genangan berdasarkan seksion yang dibuat seperti pada Gambar 4.11, setebal 5 -7 m. Simulasi *software* menunjukkan memberikan potensi ancaman longsor rombakan akibat kemiringan lereng berdasarkan data DEM.

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 tumpungan sedimen telah penuh aliran air masih mampu ditampung oleh alur sungai.

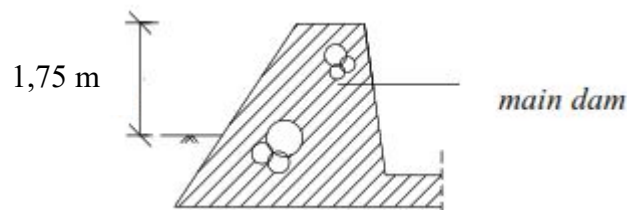
Berikut adalah data ukur geometri sungai yang didapat dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Bali – Penida dan hasil survey di lapangan adalah sebagai berikut:

- 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:

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

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



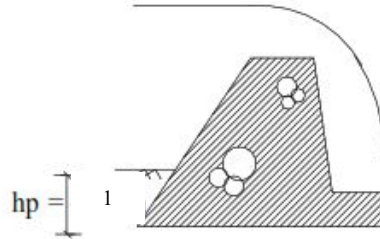
Gambar 4.14 Tinggi Efektif Main Dam

Keterangan :

h_m = tinggi efektif main dam (m)

4.4.2 Kedalaman Pondasi *Main Dam*

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



Gambar 4.15 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 = tinggi air diatas peluap (m) = 1,25 m

h_m = tinggi efektif *main dam* = 1,75 m

h_p = kedalaman pondasi *main dam* (m)

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

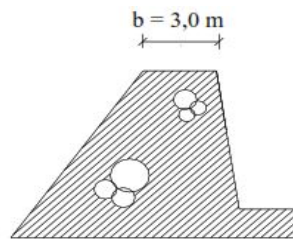
$$h_p = 0,75 \text{ s.d } 1,00 \text{ diambil } 1,00$$

h_p = diambil 1 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 4.16 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 :

$$\alpha = hw/H$$

$$\beta = b/h$$

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

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

$$\epsilon = hs/H$$

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_w = tinggi muka air pelimpah (m) = 1,25

H_s = tinggi endapan sedimen (m) = 2,0 m

ρd = berat jenis material dam/ beton = 2,35 t/m³

ρw = berat jenis air dalam aliran debris = 1,0 t/m³

ρ = berat jenis sedimen = 1,8 t/m³

ρs = berat jenis sedimen dalam aliran debris = 1,1 t/m³

p = void ratio dari sedimen = 0,3

C_e = 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.

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

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

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

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

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

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)

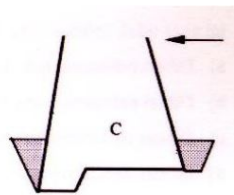
b = lebar puncak dam (m)

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 4.17 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)

α = koefisien daerah aliran sungai ditentukan berdasarkan luas daerah aliran sungai

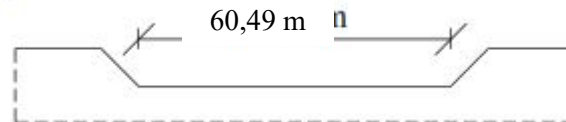
Qd = debit banjir rencana bersedimen (m^3/dtk) = $Q_{50} \times (1 + \alpha)$

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

$$\begin{aligned} Qd &= Q_{50} \times (1 + \alpha) \\ &= 97,89 \times (1 + 0,5) \\ &= 146,835 \text{ m}^3/dtk \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} B_1 &= 5 \sqrt{146,38} \\ &= 60,49 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 4.18 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 :

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

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

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

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

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

- Untuk $z = 0,5$

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

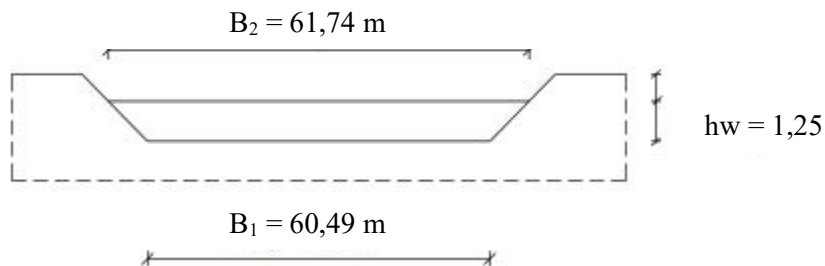
$$149,38 = (1,77 \times 60,49 + 0,71h_w)h_w^{3/2}$$

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

Dari hasil *trial and error* didapat nilai $h_w = 1,25 \text{ m}$

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

$$= (60,49 + 2 \times 0,5 \times 1,25) = 61,74 \text{ m}$$

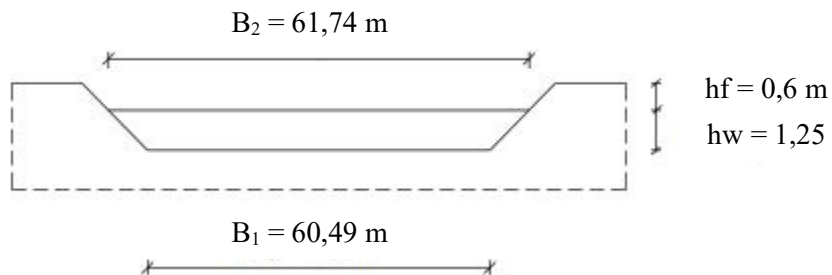


Gambar 4.19 Sketsa Lebar Peluap dan Tinggi Limpasan *Main Dam*

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 4.20 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. Tebal 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 :

$$h = \text{tinggi sayap dam (m)}$$

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

$$h_f = \text{tinggi jagaan (m) = 0,6 m}$$

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 terlimpah 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 kewanaman 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,

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

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

$$n = 1/m$$

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

Keterangan :

F_s = faktor keamanan

R_e = daya tahan terhadap benturan

P_e = 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

α = *hollow length* tubuh dam

m_b = massa batu-batu aliran debris (kg.cm/dt²) = 2650 kg.cm/dt²

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

Sehingga :

$$\begin{aligned}\alpha &= \left(\frac{U_d^2}{4 \cdot n_b \cdot m_b}\right)^{0.4} \\ &= \left(\frac{U_d^2}{4 \times 0,0004 \times 2650}\right)^{0.4} = 98,6\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}P_e &= \alpha^{3.2} \times n_b \\ &= 98,6^{3.2} \times 0,0004 \\ &= 1,22\end{aligned}$$

$$F_s = (R_e/P_e) > 1,25$$

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

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.

4.4.8 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 :

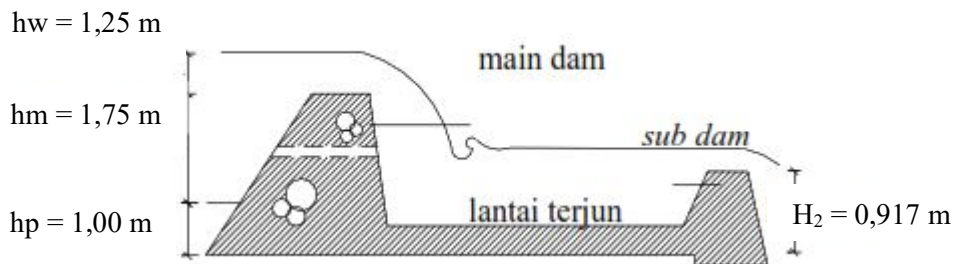
H_2 = tinggi mercu sub dam dari lantai terjun

h_m = tinggi efektif main dam (m) = 1,75 m

h_p = kedalaman pondasi main dam (m) = 1 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



Gambar 4.21 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*)

4.4.9 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

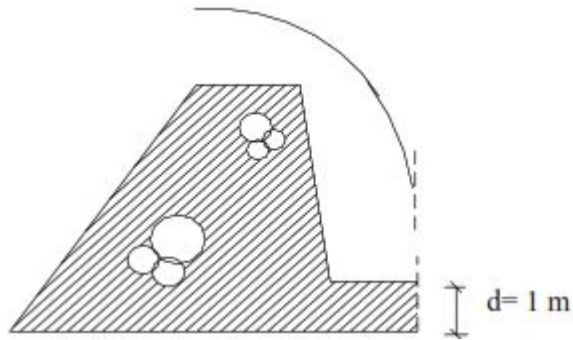
0,1 bila menggunakan pelindung

0,2 bila tanpa pelindung

h_m = tinggi main dam (m) = 1,75 m

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

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



Gambar 4.22 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)

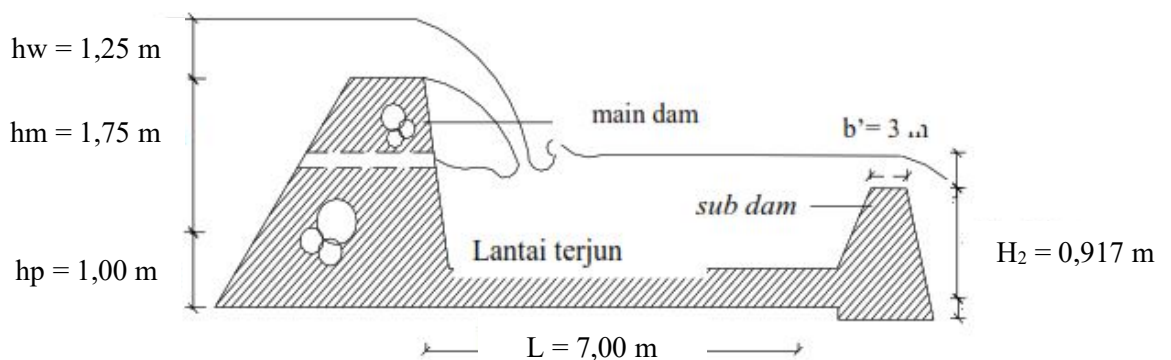
H_1 = beda tinggi antara mercu main dam sampai permukaan lantai terjun (m)
2,75 m

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 4.23 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)

4.4.10 Stabilitas Sabo Dam

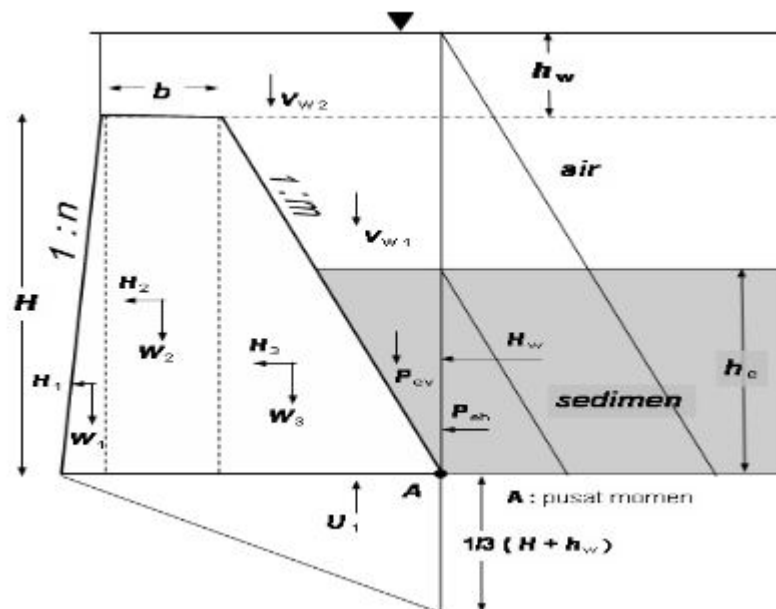
Stabilitas sabo dam harus diperhitungkan dalam dua keadaan yaitu pada saat banjir dan kondisi normal. Stabilitas sabo dam tergantung pada gaya-gaya yang bekerja pada bangunan sabo dam tersebut, seperti gaya sebagai berikut :

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

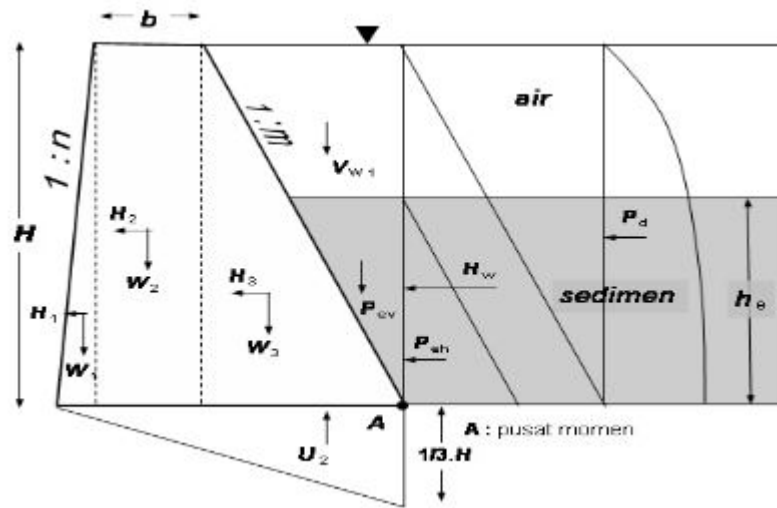
Akibat pengaruh gaya-gaya tersebut maka tubuh *main dam* harus dalam kondisi aman antara lain terhadap :

- 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 4.24 Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Pada Saat Banjir



Gambar 4.25 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_s	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	ρ^i	1.8 t/m ³
9	Berat jenis sedimen dalam air	ρ_e	1.1
10	Berat jenis air	ρ_w	1
11	Tinggi muka air pada pelimpah	h_w	1.25 m
12	Koefisien gaya angkat air	μ	0.3
13	Koefisien gempa	K	0.12
14	Berat jenis material sabo dam/ pasangan batu/ beton	ρ_c	2.4 t/m ³
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 ²
18	Tensil material sabo dam/ pasangan batu/ beton yang diijinkan	t_c	10 t/m ²
19	Tegangan geser material sabo dam/ pasangan batu/ beton yang diijinkan	S_c	50 t/m ²
20	Daya dukung tanah pondasi yang diijinkan	σ_r	200 t/m ²
21	Tegangan geser lapisan tanah pondasi	S_r	50 t/m ²
		α	0.45
		β	1.09
		γ	1.35
		σ	1.1
		ε	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>
$\Sigma V1$	28.75	$\Sigma My1$	74.28	

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>
$\Sigma V2$	22.27	$\Sigma My2$	55.24	

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
$\Sigma H1$	4.06	$\Sigma Mx1$	3.49	

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
$\Sigma H2$	3.93	$\Sigma Mx2$	3.22	

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/m²

Fr = koefisien friction lapisan tanah/ batuan (t/m) = 0,7 t/m²

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

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

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

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

- **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:

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

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

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

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 :

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

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

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

Hasil analisa menunjukkan stabilitas saat kondisi banjir adalah aman.

- **Saat kondisi normal**

Maka stabilitas terhadap kompresi dan daya dukung tanah :

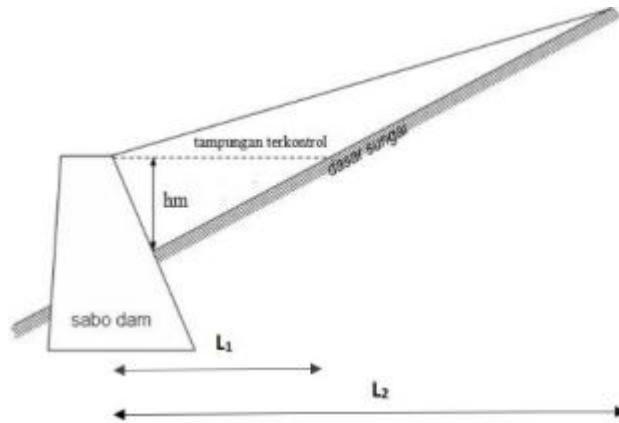
$$\sigma_{hilir} = \frac{22,27}{5,475} x \left(1 + \frac{6.e}{5,475}\right) = 3,766 \text{ t/m}^2 < 200 \text{ t/m}^2$$

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

Hasil analisa menunjukkan stabilitas saat kondisi normal adalah aman.

4.5 Tampang Sedimen *Sabo Dam* dan Jarak Pengaruh Endapan

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



Gambar 4.26 Sketsa Melintang *Sabo Dam*

Keterangan :

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

Tampungan 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 tampungan :

- Volume tampungan sedimen statis

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

- Volume tampungan 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 tampungan sedimen statis (m^3)

V_d = Kapasitas tampungan 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 tampungan 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 tampungan sedimen statis

$$V_s = \frac{1}{2} \left(\frac{h^2 \cdot B}{I_0 - 0,67 \cdot I_1} \right)$$

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

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

- Volume tampungan sedimen statis

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

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

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

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 tampungan sabo selanjutnya diperkirakan jumlah sabo. Dam yang akan dibangun berdasarkan volume sedimen bernamfing dengan volume tampungan sedimen di kesuluruhan/ tampungan sedimen dinamis (Vd) 50072,85

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

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

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

BAB V PENUTUP

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 kata ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun, 1000 tahun secara berturut-turut yaitu 68,23 m³/dt; 86,37 m³/dt; 92,25 m³/dt; 96,17 m³/dt; 97,89 m³/dt; 98,62 m³/dt; 99,11 m³/dt; 99,85 m³/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 m³/dt.
2. Berdasarkan hasil pemodelan dengan menggunakan DFLOWZ diperoleh estimasi luapan genangan aliran debris adalah seluas 288.586 m² dan luas deposit tertahan yang berpotensi menyebabkan longsoran rombangan adalah 49.830 m².
3. 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
4. Hasil perhitungan estimasi biaya daya tamping sedimen tetap/ volume tampungan sedimen statis sebesar 7829,86 m³ dan estimasi daya tamping sedimen keseluruhan/ volume sedimen dinamis sebesar 10335,417 m³. Sehingga estimasi daya tamping sedimen yang harus digunakan adalah daya tamping sedimen keseluruhan (Vd) dikurangi jumlah daya tamping tetap (Vs) sebesar 2505.58 m³. Selanjutnya perlu dibangun 4 buah sabo dam untuk menampung sedimen sebanyak 50072,85 m³.

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 unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Luaran Wajib: Tahun 2,

1. Publikasi pada Jurnal Internasional indexing Scopus SJR Q2, International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology ISSN:2088-5334 EISSN: 2460-6952 Judul; *Comparison Of The Flood Flows Modelling (Dflowz) With The Design Flood Nakayasu Towards The Potential Of Debris Flow In Abang Mountain, Kintamani.* (Tahap In Review)
2. Buku Ajar dengan judul Mekanika tanah: Stabilitas Lereng Berhingga, Penerbit: Warmadewa University Press; ISBN No: 978-602-1582-52-7.
3. Paten sederhana Judul “Peta Ancaman Longsor rombakan (Debris flow) Desa Abang Batu dinding, Kintamani, Kabupaten Bangli

Luaran tambahan: Tahun 2,

1. Publikasikan pada Konferensi Internasional AASEC 2020 The 5th Annual Applied Science and Engineering Conference (Journal of Physics: Conference Series) terindeks scopus Q4 dengan Judul tulisan “*Analysis of discharge and area of the debris flow based on geological structural and rainfall levels in the slopes of Mount Abang, Kintamani*” (Pemakalah dan Publish)
2. Konferensi Nasional Teknik Sipil 14 (Konteks14) seluruh Indonesia di Banda Aceh, 6-7 Oktober 2020. Judul: “Nilai Derajat Kejenuhan Tanah Pada Penilaian Ancaman Longsor Rombakan (Debris Flow) Pada Batuan Vulkanik” mendapatkan kehormatan akan di publikasikan pada Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret (e-ISSN 2354-8360). (Pemakalah dan Publikasi)

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPPT). 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 tahun ke 2, pada prinsip tidak mengalami kendala yang berat, hanya akibat pandemi covid-19 pada saat pengambilan sampel mengalami keterlambatan akibat harus melakukan persyaratan administrasi dan rapid test bagi tenaga kerja dan tim peneliti dan keraguan tersendiri dari tim peneliti akibat belum pastinya pembiayaan tahun ke.2. Kendala lainnya 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.

Tahun ke 2 ini adalah tahun terakhir penelitian dasar kami, selanjutnya kami berencana mengajukan penelitian terapan berdasarkan hasil kajian penelitian dasar ini, dengan lokasi yang sama. Kami merencanakan menerapkan konsep bioengineering dalam mitigasi bencana longsor rombakan di Desa Abang dinding.

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.
25. Sinarta, I. N. and 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.* Batam, 2018: KoNTekS ke 12, pp. 18–19. Available at: <http://konteks.id/web/wp-content/uploads/2018/10/GT-06.pdf>.
26. Suripin (2004) *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.* 2nd edn. Yogyakarta.