

# Interpretasi Citra untuk Analisis Kapasitas Sungai Unda sebagai Tampungan Lahar Dingin Erupsi Gunung Agung Bali

NI KADEK DIAN ASRI LESTARI  
NI MADE TRIGUNASIH\*)  
I NYOMAN DIBIA  
R. SUYARTO

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana  
Jl. PB. Sudirman Denpasar Bali 80232 Bali

\*)Email: trigunasih@unud.ac.id

## ABSTRACT

### Imagery Interpretation for Analysis of Unda River Capacity to Retain Lahars Flow of Agung Volcano Eruption

This study aims to determine the flow capacity of Unda River to retain lahars flow of Agung Volcano eruption using a descriptive exploratory method, the data through field surveys and analysis of satellite imagery. Sampling was determined based on the gradient and river's meander to produce 14 samples and 13 segments in the river flow. The cross section of the river is measured at each sample point with the mean section method, then estimating the volume of the river by multiplying the area between the two sections with the distance of the sample point. The lahar flood hazard assessment uses the Laharz application with the lahars scenario 1 million m<sup>3</sup>; 5 million m<sup>3</sup>; and 10 million m<sup>3</sup>.

The results of the study showed that the capacity volume of the Unda River was 26.336.548,79 m<sup>3</sup>. Estimated area affected by scenario 1 million m<sup>3</sup> covering 162,60 Ha; scenario 5 million m<sup>3</sup> covering 399,19 Ha; and the scenario of 10 million m<sup>3</sup> covering 533,77 Ha. The affected area reached 27 villages in the Karangasem Regency region and 20 villages in the Klungkung Regency area. The highest affected area for scenario of 1 million m<sup>3</sup> is Muncan Village about 32,70 Ha; scenario 5 million m<sup>3</sup> in Selat Village, Klungkung is 68,43 Ha; and the scenario of 10 million m<sup>3</sup> in Tangkas Village about 266,01 Ha. The type of land use that affected is rice field land about 458,08 Ha; moor / mixed garden at 71,33 Ha; settlements is 147,72 Ha; and shrubs about 3,98 Ha.

*Keywords: meanders, cross sections, river basins, lahar scenarios*

## I. Pendahuluan

Sungai adalah alur atau wadah air alami berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai hilir, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (PP RI No. 38 tahun 2011). Sungai merupakan salah satu sumberdaya alam

yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, seperti rumah tangga, pertanian, sanitasi lingkungan, industri, pariwisata, olahraga, perikanan, pembangkit tenaga listrik, hingga transportasi. Sungai menjadi ekosistem perairan umum yang berperan khususnya untuk kebutuhan manusia dipengaruhi oleh banyak faktor baik oleh aktivitas alam maupun aktivitas manusia. Perubahan kondisi sungai dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya adalah akibat bencana alam seperti letusan gunung api.

Letusan gunung api dapat berdampak positif maupun negatif terhadap lingkungan. Sebagai contoh abu vulkanik yang dikeluarkan dapat menyuburkan lahan pertanian di daerah yang terkena abu, dan bahan material vulkanik seperti pasir dan bebatuan dapat digunakan sebagai bahan material bangunan. Dampak negatif yang ditimbulkan dapat berupa rusaknya vegetasi, permukiman, sungai dan lingkungan akibat adanya timbunan oleh material letusan gunung api maupun adanya bahaya banjir lahar. Banjir lahar terjadi akibat pengaruh curah hujan, kemiringan lereng, atau jenis material dari letusan gunung api tersebut.

Gunung Agung merupakan salah satu gunung api aktif yang telah mengalami beberapa kali letusan. Akhir tahun 2017 Gunung Agung kembali menunjukkan aktivitas erupsi. Tingginya volume lahar dan tingginya intensitas curah hujan menyebabkan adanya aliran lahar pada sungai-sungai yang berhulu di Gunung Agung. Salah satu sungai yang dilalui aliran lahar Gunung Agung adalah Sungai Unda. Dampak banjir lahar lebih dirasakan jika mengenai tempat tinggal ataupun tempat penduduk melakukan aktivitas (Takahashia *et al.*, 2000). Untuk memprediksi dampak yang ditimbulkan oleh banjir lahar tersebut maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas penampang Sungai Unda dalam menampung lahar dingin akibat erupsi Gunung Agung.

## **II. Metodologi Penelitian**

### **2.1 Tempat dan Waktu**

Penelitian ini dilakukan di wilayah aliran Sungai Unda yang terletak pada 8° 22' 47.194" LS - 8° 34' 30.455" LS dan -115° -28' -24.07" BT -115° -25' -47.13" BT dan di Laboratorium Pusat Pengembangan Infrastruktur Informasi Geospasial Universitas Udayana dari Januari 2018 sampai dengan Agustus 2018 terhitung mulai dari pengambilan data sampai dengan penulisan skripsi.

### **2.2 Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Peta Rupa Bumi Indonesia Digital (Badan Informasi Geospasial), DEM (*Digital Elevation Model*) Nasional (Badan Informasi Geospasial), Citra Quickbird Tahun 2015 (Badan Informasi Geospasial).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: GPS (*Global Positioning System*), Kamera, Yallon, Meteran, Alat tulis, *Personal Computer* (PC) dengan perangkat lunak QGIS 2.14.21, ArcGIS 10.4, ArcMap 10.4, dan Laharz.

### 2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif eksploratif. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapang dengan pengukuran langsung di lapangan berupa data luas penampang sungai, derajat meander, identifikasi titik luapan banjir lahar, dan volume tampungan maksimal Sungai Unda. Data sekunder berupa citra penginderaan jauh dan analisis citra satelit.

### 2.4 Tahapan Penelitian

#### 2.4.1 Persiapan dan pengumpulan data

Tahapan persiapan meliputi kegiatan studi pustaka untuk mencari referensi-referensi yang diperlukan, pengumpulan data sekunder, penentuan aliran Sungai Unda, serta menyiapkan bahan dan alat penelitian.

#### 2.4.2 Penentuan titik sampel

Titik lokasi sampel ditentukan berdasarkan kelas tingkatan sungai yaitu bagian hulu, tengah, dan hilir. Pada setiap tingkatan dibedakan lagi berdasarkan kemiringan lereng sungai dan meander/belokan sungai untuk mendapatkan titik sampel, sehingga pada bagian hulu terdapat 3 titik, tengah 9 titik, dan hilir 2 titik. Penentuan titik lokasi sampel bertujuan untuk penentuan lokasi pengukuran volume tampung maksimal Sungai Unda. Terdapat empat belas titik sampel di sepanjang aliran sungai yang diamati untuk diukur kondisi penampang melintangnya.

#### 2.4.3 Survei lapang

Survei lapang dilakukan untuk pengukuran penampang melintang Sungai Unda. Pengukuran morfometri sungai dilakukan dengan mengambil sampel pengukuran pada sungai yang memiliki perbedaan ketinggian. Morfometri dihitung berdasarkan lebar sungai dan kedalaman menggunakan mistar ukur. Sampel penampang melintang digunakan untuk pengukuran daya tampung sungai, analisis titik-titik luapan banjir, dan pengukuran derajat *meandering*.

#### 2.4.4 Analisis data

##### 1. Analisis kelas lereng

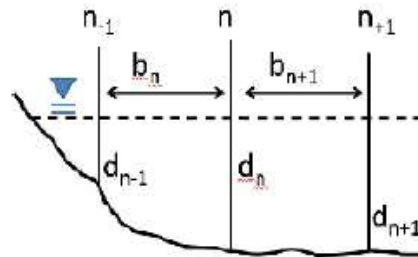
Kelas lereng yang digunakan adalah klasifikasi kelas lereng menurut SK Mentan No. 837/KPTS/Um/11/1980, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelas Lereng Menurut SK Mentan No. 837/KPTS/Um/11/1980

No	Kemiringan Lahan	Deskripsi
1	0 – 8 %	Datar
2	8 – 15 %	Landai
3	15 – 25 %	Agak curam
4	25 – 40 %	Curam
5	> 40 %	Sangat curam

2. Pengukuran luas penampang maksimum sungai (A)

Perhitungan luas penampang maksimum sungai dilakukan dengan metode mean section. Pada metode ini, lebar satu sub-seksi ditentukan oleh dua pengukuran vertikal yang bersebelahan ( $d_n$  dan  $d_{n+1}$ ) (Soewarno, 1991). Sketsa pengukuran metode mean section disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa Pengukuran Luas Penampang Sungai dengan Metode *Mean Section*

Setelah mengetahui nilai penampang maksimum sungai (A), kemudian dilakukan penghitungan untuk penaksiran volume lahar dengan mengalikan luasan antara dua penampang dengan jarak sesuai persamaan berikut:

$$\text{Volume Maksimal} = \sum(\text{Luas Penampang (A)} \times \text{Jarak Antar Dua Penampang (L)}) \dots\dots\dots (1)$$

3. Pengukuran derajat meandering

Derajat *meandering* ditentukan dengan perbandingan antara panjang meander dengan panjang lurus segmen sungai. Perhitungan panjang meander dilakukan pada tiap sampel penampang melintang sungai. Derajat *meandering* dapat dirumuskan dengan persamaan (Lavigne, 1999):

$$\text{Meander (\%)} = \frac{(\text{panjang meander} - \text{panjang lurus})}{\text{panjang meander}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

4. Penaksiran bahaya banjir lahar dengan skenario volume lahar

Penaksiran bahaya banjir lahar dengan skenario volume lahar dilakukan dengan aplikasi *Laharz\_py* pada software ArcGIS. Laharz adalah perangkat lunak yang dirancang untuk menghitung zona bahaya proksimal dan mengotomatiskan persamaan yang terbangun dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) di atas tiga dimensi topografi untuk memperkirakan zona bahaya banjir lahar. Laharz diciptakan untuk mendelineasi daerah dengan potensi genangan lahar berdasarkan skenario volume lahar (Schilling, 1998).

**III. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Morfometri Sungai**

Morfometri sungai yang diukur pada penelitian ini meliputi panjang, lebar, kedalaman, dan belokan sungai, yang dihitung untuk mendapatkan volume tampungan sungai. Titik-titik pengambilan sampel untuk pengukuran morfometri tersebar dari bagian hulu hingga hilir sungai. Elevasi tertinggi yang tercatat selama pengamatan di

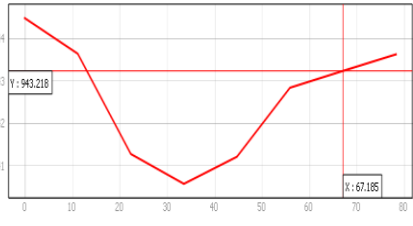
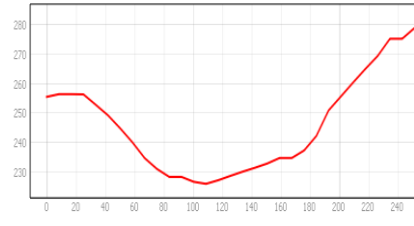
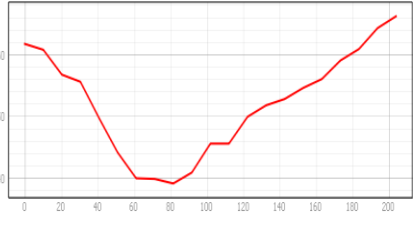
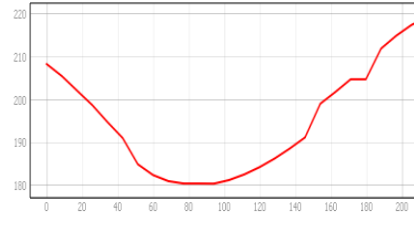
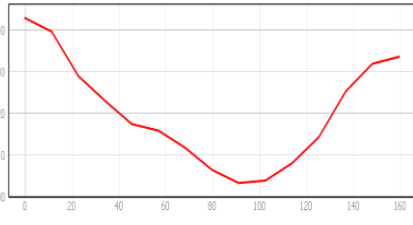
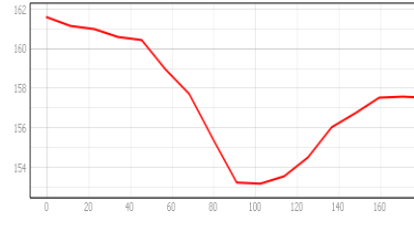
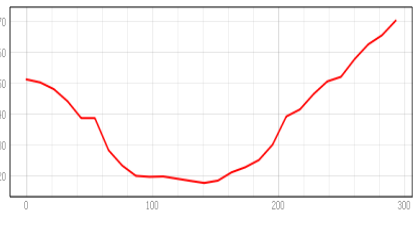
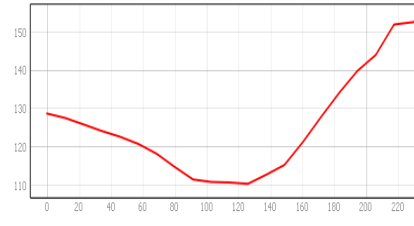
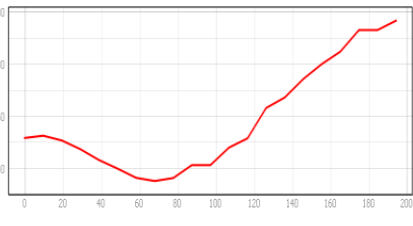
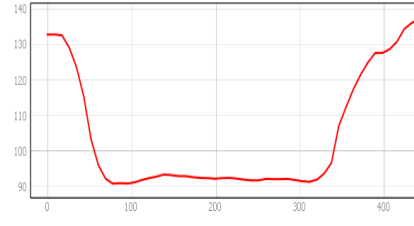
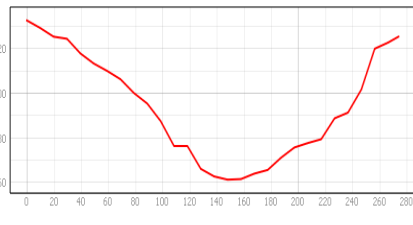
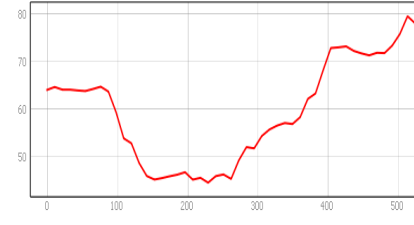
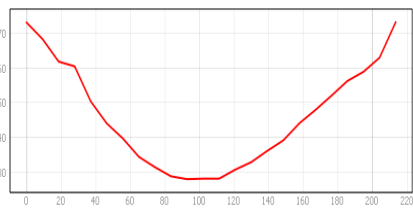
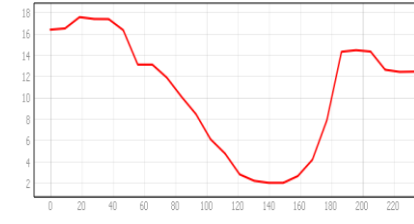
lapangan adalah 948,38 mdpl yang merupakan hulu dari Sungai Unda dan terendah adalah 1,02 mdpl yang menjadi batas hilir dari lokasi penelitian. Sampel 1, 2 dan 3 berada di bagian hulu sungai. Sampel 4 sampai 12 ada pada bagian tengah sungai, dan sampel 13, 14 ada di bagian hilir sungai.

### **3.1.1 Penampang melintang**

Berdasarkan hasil pengukuran kedalaman dan lebar sungai didapatkan luas penampang melintang di masing titik sampel pengukuran. Bentuk penampang melintang sungai tidak konstan di sepanjang alirannya dan cenderung tidak teratur, dengan luas penampang antara 54 m<sup>2</sup> hingga 1.625 m<sup>2</sup>. Gambar 2 menunjukkan gambar penampang melintang setiap titik sampel pada Sungai Unda. Penampang melintang yang memiliki luas penampang terkecil yaitu 54 m<sup>2</sup> terdapat pada sampel 1 yang berada pada elevasi tertinggi dari lokasi penelitian yaitu 948,38 mdpl. Sampel 12 memiliki penampang dengan luas terbesar yaitu 1.625 m<sup>2</sup> yang terletak pada elevasi 87,26 mdpl. Pada bagian hulu, sampel 1 hingga 3, kondisi penampang melintang sungai cenderung lebih rendah ke arah timur, sedangkan pada bagian tengah, penampang melintang sungai cenderung lebih rendah ke arah barat. Hal ini menimbulkan kekhawatiran bahwa luapan banjir lahar dapat terjadi pada sisi timur dan barat Sungai Unda.

### **3.1.2 Belokan sungai**

Meander terkait dengan kemungkinan luapan lahar, dimana sungai yang lebih bermeander (berkelok kelok) lebih berpotensi terjadi luapan lahar karena karakteristik lahar yang padat cenderung mengalir lurus menuruni lereng tanpa menuruti arah meander sungai. Perhitungan meander dilakukan pada setiap lokasi sampel. Persentase meander yang paling rendah didominasi pada titik sampel di bagian hulu dan hilir sungai, yaitu sampel 1; 2; 12; dan 13 dengan persentase masing-masing 2,51% ; 5,53% ; 6,32% dan 10,1%. Sampel 4; 5; 6; 10 dan 11 merupakan bagian tengah sungai dengan persentase meander yang tinggi yaitu 12,25% ; 10,91% ; 33,38% ; 13,21% dan 20,72% yang membuat kelima titik tersebut menjadi daerah yang lebih rawan terdampak luapan banjir lahar. Semakin besar nilai persentase meander dengan luas penampang yang semakin kecil membuat wilayah tersebut memiliki potensi bahaya banjir lahar yang semakin tinggi.

No	Penampang Melintang	Luas (m <sup>2</sup> )	No	Penampang Melintang	Luas (m <sup>2</sup> )
1		54	8		985
2		217	9		487.5
3		359	10		225.5
4		978	11		574
5		742	12		1625
6		884	13		445
7		676.5	14		798

Gambar 2. Penampang Melintang di Setiap Titik Sampel Sungai Unda

Sampel 1; 2; dan 3 termasuk dalam potensi rendah karena memiliki nilai persentase meander yang kecil dengan luas penampang yang juga kecil. Sampel nomor 7; 8; dan 12 juga dapat dikategorikan ke dalam potensi rendah karena walaupun memiliki nilai meander yang cukup besar, namun luas penampang pada sampel tersebut juga besar sehingga penampang sungai yang ada kemungkinan dapat menampung aliran lahar. Sampel nomor 4; 5; 6; 9; 10; dan 11 dapat dikategorikan kedalam daerah potensi tinggi karena memiliki luas penampang yang cukup kecil dengan nilai persentase meander yang besar. Sampel 13 dan 14 memiliki nilai meander dan luas penampang yang kecil, namun karena sampel ini ada di daerah hilir sungai yang merupakan wilayah sedimentasi sehingga walaupun tidak berpotensi tinggi, sedimentasi dari hulu sungai bisa menumpuk pada bagian ini. Untuk jangka waktu panjang, jika curah hujan cukup tinggi maka banjir yang cukup besar dapat terjadi atau jika terjadi banjir lahar dingin akan berbahaya dan meluber ke wilayah di sekitarnya.

### **3.2 Volume Tampungan Sungai Unda**

Aliran sungai dibagi menjadi beberapa segmen untuk mendapat volume tampungannya. Segmen-segmen dibagi berdasarkan penentuan titik sampel, sehingga didapat tiga belas segmen di sepanjang aliran Sungai Unda. Luas penampang dan jarak antar titik sampel yang berbeda menghasilkan volume tampungan yang berbeda di setiap segmen. Total volume tampungan Sungai Unda berdasarkan segmen-segmennya adalah sebesar 26.336.548,79 m<sup>3</sup>. Volume tampungan sungai terkecil adalah pada segmen 1 yaitu 326.012,38 m<sup>3</sup>. Segmen dengan volume tampungan terbesar adalah segmen 12 yang ada di lokasi DAM Tukad Unda dengan volume 4.377.762,10 m<sup>3</sup>.

### **3.3 Penaksiran Bahaya Banjir Lahar Menggunakan Skenario Volume Lahar**

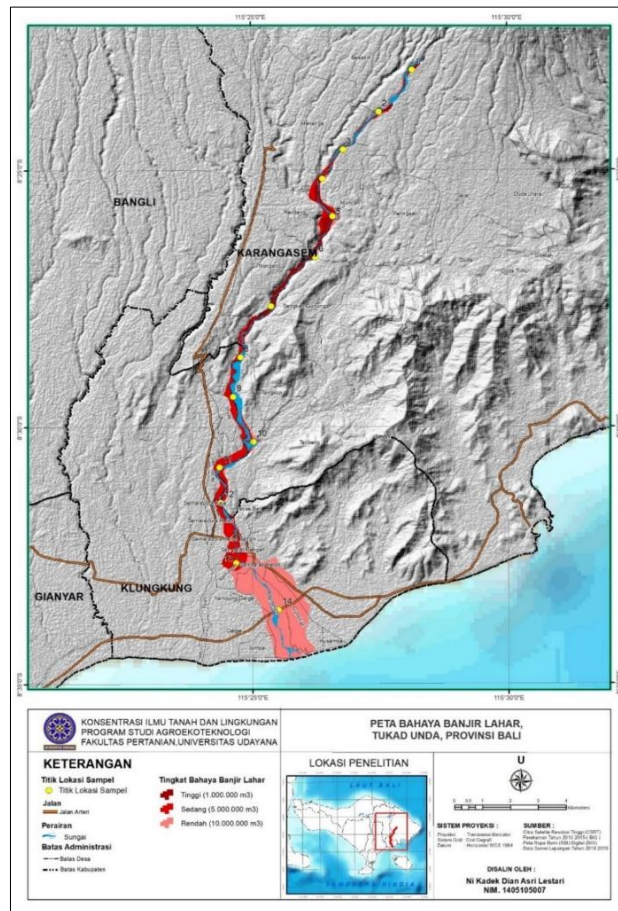
Prediksi luasan dampak bahaya banjir lahar di Sungai Unda, dilakukan skenario terhadap luasan banjir yang mungkin terjadi menggunakan skenario volume lahar. Penentuan daerah bahaya banjir lahar di Sungai Unda dilakukan dengan menggunakan *software* LAHAR, dimana ada 3 skenario volume banjir lahar yang digunakan untuk menghasilkan sebaran spasial banjir lahar. Skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 juta m<sup>3</sup> (skenario 1), 5 juta m<sup>3</sup> (skenario 2), dan 10 juta m<sup>3</sup> (skenario 3). Estimasi total luas area yang terkena luapan banjir lahar adalah 1.095,57 Ha, untuk skenario 1 seluas 162,61 Ha; skenario 2 seluas 399,19 Ha; dan skenario 3 seluas 533,77 Ha. Dari estimasi tersebut, jumlah desa yang terdampak mencapai 47 desa, yaitu 27 desa yang terletak di wilayah Kabupaten Karangasem dan 20 desa yang terletak di wilayah Kabupaten Klungkung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya luapan yang lebih besar pada bagian tengah tepatnya pada sampel 4; 5; 9; 10; dan 11, sedangkan bagian hilir Sungai Unda terdampak pada sampel 13 dan 14. Luapan lahar terjadi karena dipengaruhi oleh penampang melintang dan kondisi meander sungai. Sampel tersebut memang memiliki nilai meander yang tinggi sehingga titik luapan ada pada belokan-belokan sungai tersebut. Luapan lahar pada sampel 4; 5; 9; dan 11 mengarah ke sisi barat sungai,

sedangkan pada sampel 10 luberan yang terjadi mengarah ke bagian Timur, karena tinggi tebing sungainya lebih rendah di bagian timur. Titik 5 dan 10 menjadi titik yang paling berpotensi terjadinya luberan lahar, karena nilai meander sungai sangat tinggi dengan sudut belokan sungainya yang kecil. Kondisi sungai yang berkelok menyebabkan terjadinya benturan antara energi yang dibawa oleh lahar dengan tanggul sungai sehingga luapan dapat terjadi lebih luas. Gambar 3 menunjukkan peta bahaya banjir lahar di Sungai Unda.

Daerah banjir lahar yang lebih besar ditemukan di Desa Rendang dan Muncan, Desa Pesaban, Desa Selat dan desa Tangkub. Desa Rendang dan Desa Muncan adalah Desa yang penduduknya banyak bermukim di sekitar Sungai Unda. Daerah yang terkena luapan tertinggi untuk skenario 1 juta m<sup>3</sup> adalah Desa Muncan Karangasem seluas 32,70 Ha; skenario 5 juta m<sup>3</sup> di Desa Selat Klungkung seluas 68,43 Ha; dan untuk skenario 10 juta m<sup>3</sup> di Desa Tangkas seluas 266,01 Ha..

Dampak dari banjir lahar tidak hanya pada permukiman dan infrastruktur tapi juga berdampak pada penggunaan lahan lainnya. Estimasi penggunaan lahan yang terkena luapan paling tinggi adalah lahan sawah irigasi dengan luas 458,08 Ha dari estimasi total penggunaan lahan yang terdampak. Penggunaan lahan lainnya adalah tegalan atau kebun campuran dengan luas 371,33 Ha, kemudian permukiman seluas 147,72 Ha, dan sedikit lahan semak belukar sekitar 3,98 Ha.



Gambar 3. Peta Bahaya Banjir Lahar di Sungai Unda



## IV. Simpulan dan Saran

### 4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kapasitas Sungai Unda dalam menampung lahar dingin erupsi Gunung Agung adalah sebesar 26.336.548,79 m<sup>3</sup>.
2. Dampak dari luapan banjir lahar yang terjadi di aliran Sungai Unda mencapai 27 desa di wilayah Kabupaten Karangasem dan 20 desa di wilayah Kabupaten Klungkung. Estimasi luas wilayah yang terkena luapan pada skenario 1 juta m<sup>3</sup> seluas 162,60 Ha; skenario 5 juta m<sup>3</sup> seluas 399,19 Ha; dan skenario 10 juta m<sup>3</sup> seluas 533,77 Ha. Daerah yang terkena luapan tertinggi untuk skenario 1 juta m<sup>3</sup> adalah Desa Muncan Karangasem seluas 32,70 Ha; skenario 5 juta m<sup>3</sup> di Desa Selat Klungkung seluas 68,43 Ha; dan untuk skenario 10 juta m<sup>3</sup> di Desa Tangkas seluas 266,01 Ha. Jenis penggunaan lahan yang terkena luapan adalah lahan sawah seluas 458,08 Ha; tegalan/kebun campuran seluas 371,33 Ha; permukiman seluas 147,72 Ha; dan semak belukar seluas 3,98 Ha.

### 4.2 Saran

Penelitian ini dapat menjadi *entry point* untuk penelitian selanjutnya, dan disarankan diteliti lebih lanjut untuk variabel lain yang lebih rinci yang menjadi faktor terjadinya luapan banjir lahar khususnya di aliran sungai yang berhulu di Gunung Agung.

## Daftar Pustaka

- Lavigne, F. 1999. Lahar Hazard Micro-zonation and Risk Assessment in Yogyakarta City, Indonesia. *GeoJournal* 49: 173–183.
- Neumann van Padang, M., 1951, Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatara fields, v.1 Indonesia, p.163.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai.
- Schilling, S.P. 1998. LAHARZ: GIS Programs for Automated Mapping of Lahar-Inundation Hazard Zones. Denver: U.S. Geological Survey.
- Soewarno. 1991. Hidrologi : Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Bandung : Penerbit Nova.
- Surat Keputusan Menteri Pertanian No.837/Kpts/Um/11/1980 Tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung
- Takahashia., and Tsujimoto., 2000. A Mechanical Model for Merapi-type pyroclastic flow. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 98: 91-115.
- Zollinger, H., 1845, Een uitstapje naar eiland Bali, Nderl. Ind. Tijdschr., v.7, n.4, p.43.