

**DEBIT AIR LIMPASAN SEBAGAI RISIKO BENCANA  
PERUBAHAN LUAS SUNGAI TUGURARA  
DI KOTA TERNATE, PROVINSI MALUKU UTARA**

Julhija Rasai, Dicky Muslim dan Nana Sulaksana  
Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran  
Email. [julhija\\_rasai@yahoo.co.id](mailto:julhija_rasai@yahoo.co.id)

**ABSTRAK**

Sungai Tugurara adalah salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) pada Gunungapi Gamalama yang memiliki risiko bencana terhadap masyarakat seperti luapan banjir lahar. Sungai Tugurara berada disebelah utara Kota Ternate, tepatnya di Kecamatan Ternate Utara, yang dihuni oleh masyarakat di tiga Kelurahan yaitu, Kelurahan Tubo, Kelurahan Akehuda dan Kelurahan Dufa-Dufa. Kawasan Sungai Tugurara secara geologi merupakan daerah aliran lahar muda yang terjadi pada tahun 1840, 1897 dan 1907 dengan material tidak kompak. Kondisi tersebut apabila terjadi limpasan (*runoff*) dapat menyebabkan perubahan luas Sungai Tugurara. Penelitian ini menggunakan metode pengujian statistik korelasi *product moment* dan uji signifikan korelasi *product moment*. Hasil penelitian diketahui bahwa debit air limpasan berhubungan dengan perubahan luas Sungai Tugurara. Perubahan luas Sungai Tugurara menjadi lebih besar karena besarnya debit air limpasan mampu menggerus batuan pada dinding sungai dan menyebabkan longsor dinding sungai serta membawahkan material disepanjang sungai sebagai bencana luapan banjir lahar pada kawasan permukiman ditiga kelurahan pada tahun 2011. Dengan demikian perubahan luas Sungai Tugurara, terjadi sangat signifikan. Hasil uji korelasi *product moment* diketahui bahwa nilai koefisien korelasi sangat kuat sebesar 0.994 dan signifikan adanya nilai  $r$  hitung ( $r_h > r_t$ )  $r$  tabel sebesar 0.950, maka  $H_0$  diterima dan nilai koefisien dapat diberlakukan pada populasi sampel diambil.

**Kata Kunci:** DAS Tugurara, Limpasan, Luas Sungai, Risiko Bencana.

**DISCHARGE WATER RUNOFF AS DISASTER RISK  
BROAD CHANGES RIVER TUGURARA  
IN THE CITY TERNATE, NORTH MALUKU PROVINCE**

**ABSTRACT**

*Tugurara river is the watershed located at Gamalama Volcano that have disaster risk such as the lahar to the community. Tugurara river located to the North of the city of Ternate, precisely in the district of North Ternate, which was inhabited by people in three village namely, Tubo Village, Akehuda Village and Dufa Dufa Village. Tugurara river region is an area that geologically consist of young lahar flows that occurred in 1840, 1897 and 1907 with the unconsolidated material. If there is a runoff caused changes of Tugurara river area. This study uses statistical methods i.e. pearson product moment correlation and significant test of product moment correlation. results revealed that runoff water correlate with extensive changes of Tugurara river area. Extensive changes of Tugurara river area becomes greater because the amount of runoff water discharge erode the rock on the river wall and causing lanslide the river wall as well as presenting any material river wall along the river as a catastrophic outburst flood lava on a residential area in three villages in 2011. Therefore changes Tugurara river area, occurred very significant. The results of the coefficient of product moment correlation test is known that the correlation is very strong for 0.994 and significantly their values count  $r$  ( $r_h > r_t$ )  $r$  tables for 0.950, so  $H_0$  is received and the value of the coefficient can be imposed on a population sample is taken.*

**Keywords:** Tugurara Watershed, Runoff, Broad River, Disaster risk.

## 1. Pendahuluan

Sungai Tugurara adalah salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) pada Gunungapi Gamalama, yang memiliki risiko bencana terhadap masyarakat seperti, perluasan awan panas, aliran lava dan banjir lahar (Bacharudin, dkk, 1996). Sungai Tugurara berada disebelah utara Kota Ternate, tepatnya di Kecamatan Ternate Utara, yang dihuni oleh masyarakat di tiga Kelurahan yaitu, Kelurahan Tubo, Kelurahan Akehuda dan Kelurahan Dufa-Dufa. Masyarakat di tiga kelurahan tersebut, menghuni di sepanjang bantaran hilir sungai dan hingga saat ini pertumbuhan permukiman semakin mengarah ke hulu Sungai Tugurara, Gunungapi Gamalama.

Gunungapi Gamalama adalah salah satu gunungapi aktif tipe A (*Strato*) dengan ketinggian 1700 m dpl, memiliki kemiringan lereng landai 0-8% pada kaki gunungapi dan lereng cukup terjal >45% pada puncak gunungapi (Firmansyah, 2011). Gunungapi Gamalama mengalami erupsi pertama kali pada tahun 1538 hingga tahun 2003 (Weningsulistri, dkk, 2012). Aktivitas erupsi gunungapi Gamalama terakhir terjadi pada tahun 2003 dan kembali terjadi erupsi pada tahun 2011, yang selama  $\pm 8$  tahun tidak mengalami erupsi. Erupsi gunungapi Gamalama yang terjadi pada tahun 2011 berlangsung setiap tahunnya hingga saat ini, gunungapi Gamalama terletak di tengah-tengah pulau Ternate, sebagai pulau gunungapi yang memiliki luas wilayah  $\pm 40 \text{ km}^2$  di Provinsi Maluku Utara, (Anonim, 2011).

Kawasan Sungai Tugurara secara geologi merupakan kawasan daerah aliran lahar muda yang pernah terjadi sebelum tahun 2011-2012, yaitu pada tahun 1840, 1897 dan 1907, dengan material berupa bongkah andesit dan andesit basalt yang meruncing tanggung sampai membulat tanggung di dalam matrik lanau dan pasir masih lepas (Bronto, dkk, 1982).

Banjir lahar atau aliran lahar yang pernah terjadi pada tahun-tahun sebelum dan kembali terjadi pada 2011, merupakan akibat dari besarnya debit air limpasan (*runoff*) yang mengalir kedalam sungai sejak 8 tahun terakhir, merupakan hubungan dari tingginya intensitas curah hujan, yang tidak terinfiltrasi dengan baik disebabkan faktor berkurangnya daerah resapan air, kondisi litologi dan kemiringan lereng pada kawasan Sungai Tugurara, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya perubahan Sungai. Banjir yang terjadi akibat adanya limpasan permukaan (*runoff*) yang sangat besar disebabkan oleh hujan dan tidak dapat ditampung lagi oleh sungai atau saluran drainase disamping itu limpasan permukaan yang berlebihan disebabkan tanah sudah jenuh air (Wesli, 2008).

Dengan kondisi sungai seperti ini, maka di Sungai Tugurara sering terjadi longoran pada dinding sungai, dengan kemiringan dinding sungai rata-rata  $\pm 78^0$  sepanjang pengamatan lapangan dengan jarak 2.708 m, dari muara sungai. Hal ini sangat mengancam keselamatan masyarakat di tiga kelurahan yaitu, Kelurahan Tubo, Kelurahan Akehuda dan Kelurahan Dufa-Dufa, yang berada pada kawasan Sungai Tugurara, mengigit peningkatan penduduk dan luas kawasan terbangun yang terjadi setiap tahunnya semakin mengarah ke hulu Sungai Tugurara.

## 2. Permasalahan

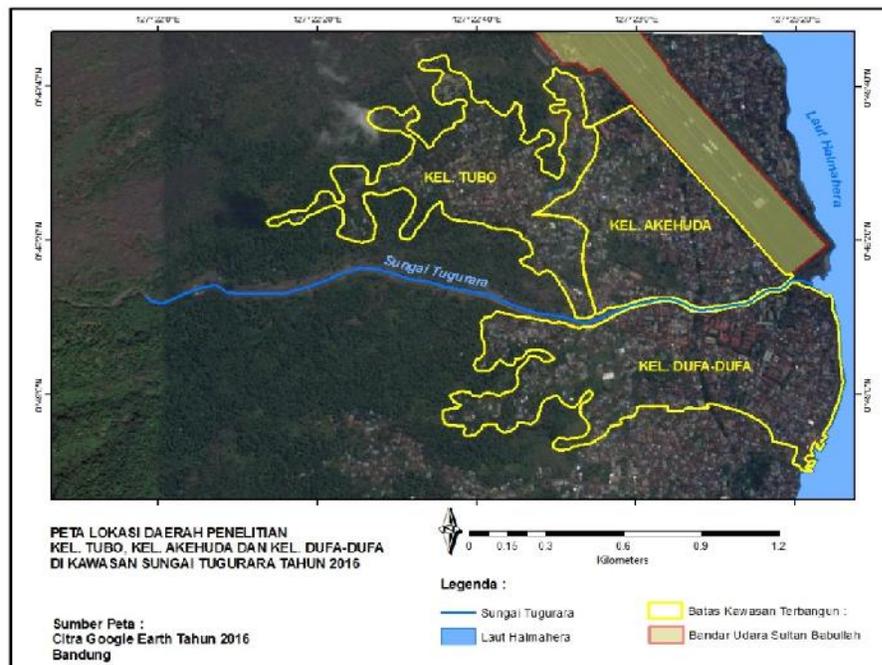
Dalam penelitian ini, peneliti membatasi permasalahan penelitian hanya pada hubungan debit air limpasan dengan perubahan luas Sungai Tugurara sebagai risiko bencana pada kawasan permukiman ditiga kulurahan yaitu Kelurahan Tubo, Kelurahan Akehuda dan Kelurahan Dufa-Dufa, di Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara. Permasalahan tersebut akibat besarnya debit air limpasan pada tahun 2011 pada Sungai Tugurara, dapat menggerus batuan pada dinding sungai dan menyebabkan longsor disepanjang dinding sungai, serta luapan banjir lahar pada kawasan permukiman yang mengakibatkan terjadinya perubahan luas Sungai Tugurara.

## 3. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan debit air limpasan dengan perubahan luas Sungai Tugurara sebagai risiko bencana pada kawasan permukiman. Selain itu manfaat penelitian dapat digunakan sebagai acuan pengembangan ilmu pengetahuan dan bahan evaluasi terhadap pemerintah Kota Ternate, dalam penetapan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) terhadap batas pembangunan fisik, baik diatas bantaran sungai dan pembangunan fisik yang semakin ke hulu Sungai Tugurara.

## 4. Daerah Penelitian

Lokasi daerah penelitian berada pada kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Tugurara Gunungapi Gamalama, yang secara administrasi dihuni oleh masyarakat di tiga kelurahan yaitu, Kelurahan Tubo, Kelurahan Akehuda dan Kelurahan Dufa-Dufa, di Kecamatan Kota Ternate Utara, Provinsi Maluku Utara dan letak geografisnya berada pada posisi  $0^{\circ} 48'$  LU dan  $127^{\circ} 19' 30''$  BT, (Gambar.1).



Gambar.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian

## **5. Tinjauan Teori**

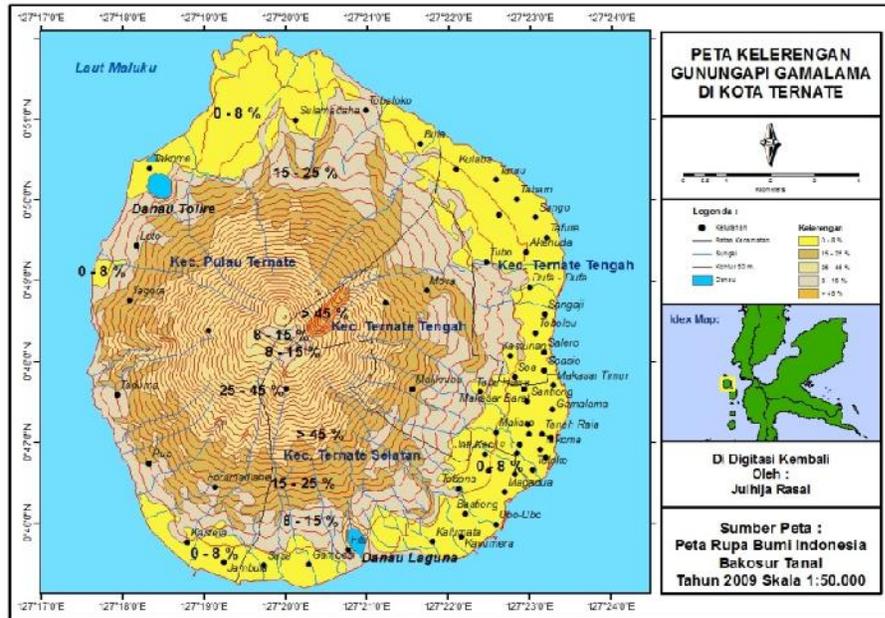
### **5.1. Geologi Daerah Penelitian Gunungapi Gamalama**

Geologi daerah penelitian Gunungapi Gamalama, pada kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Tugurara (Gambar.2). Formasi batuan berdasarkan proses pengendapan masing-masing generasi yaitu, Gunungapi Gamalama Muda (Gd), Gunungapi Gamalama Dewasa (Gd), Gunungapi Gamalama Tua (Gt) dan Endapan Permukaan (Bronto, dkk, 1982) sebagai berikut:

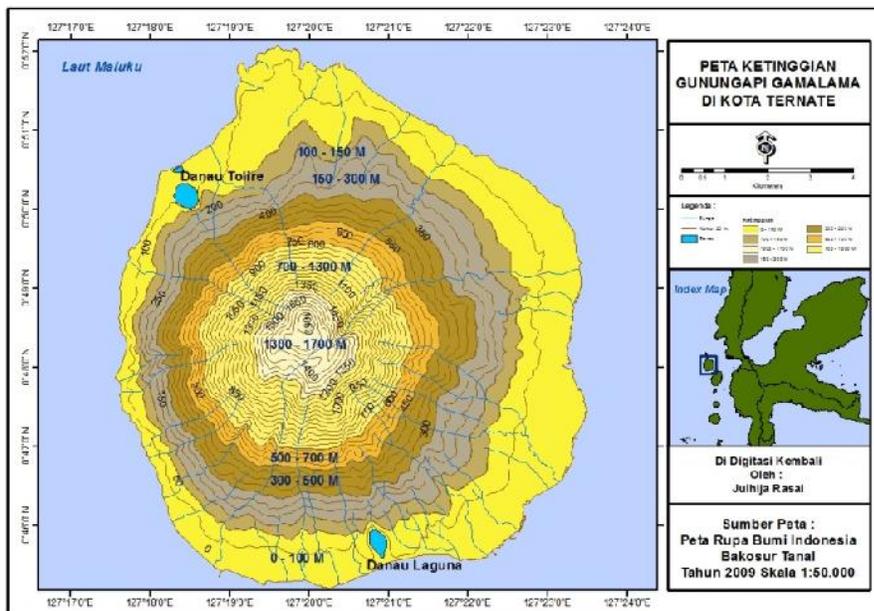
1. Endapan Permukaan  
Aluvium (al): Lanau, pasir dan kerikil. Endapan Piroklastika Rombakan (pr): Abu, tuf lapilli dan beberapa lapisan lapilli batuapung dari Gt, Gd dan Gm, terkonsolidasi lemah tak teruraikan. Struktur sedimen fluvial banyak dijumpai.
2. Gunungapi Gamalama Muda (Gm)  
Endapan Piroklastika Muda (Gmpm): Endapan jatuhan piroklastika, mengandung blok dan bom andesit serta andesit basal diameter maksimum 6 m, hasil erupsi September 1980. Endapan Lahar Muda (Gmlm): Bongkah andesit dan dasit basal meruncing tanggung sampai membulat tanggung didalam matrik lanau dan pasir masih lepas. Termasuk endapan lahar yang terjadi pada 1840, 1897 dan 1970. Endapan Piroklastika Tua (Gmpt): Endapan jatuhan piroklastika berupa abu, skoria dan fragmen litik. Sebagian besar terjadi pada masa sejarah manusia. Lava 1907 (Gm L8): Lava andesit basal dierupsikan pada November 1907. Lava 1737 (Gm L6): Lava blok jenis andesit basal hitam, vesikuler mengandung fenokris plagioklas euhedral sekitar 45%. Erupsi pada maret 1737. Endapan Aliran Piroklastika (Gmpf): tersingkap buruk, sebagian terdiri dari bom kerak roti jenis andesit, vesikuler, kacaan. Lava 2 (Gm L2): Lava blok jenis andesit, abu-abu, vesikuler dicirikan oleh fenokris plagioklas sangat kecil. Lava 1 (Gm L1): Lava blok jenis andesit abu-abu, vesikuler dicirikan oleh fenokris plagioklas membulat 40%. Endapan Lahar Tua (Gmlt): Bongkah andesit dan andesit basal meruncing tanggung sampai membulat tanggung terkonsolidasi kuat didalam matrik pasir dan lanau. Membentuk tebing terjal sepanjang lembah yang tertore dalam. Lava Tak Teruraikan (Gmlu): Lava tua tak teruraikan sebagian besar andesit abu-abu massif disisipkan oleh sedikit endapan lahar pada tempat yang lebih rendah.
3. Gunungapi Gamalama Dewasa (Gd)  
Endapan Jatuhan Piroklastika (Gdp): Skoria merah berselang-seling dengan tuf kuning-coklat. Lava Tak Teruraikan (Gdlu): Lava tua tak teruraikan, sebagian besar lava andesit, abu-abu massif dengan sisipan sedikit endapan lahar pada tempat yang lebih rendah.
4. Gunungapi Gamalama Tua (Gt)  
Endapan Piroklastika (Gtp): Skoria berselang-seling dengan abu gunungapi, terkonsolidasi kuat, sudah lapuk lanjut. Endapan Lahar (Gtla): Endapan lahar terkonsolidasi kuat berseling lava andesit dan abu gunungapi. Lava Tak Teruraikan (Gtlu): Lava takteruraikan, sebagian besar berupa lava andesit, abu-abu, massif, disisipi oleh sedikit endapan lahar pada tempat yang lebih rendah.



2. Morfologi Tubuh dan Puncak Gunung Gamalama  
 Satuan ini merupakan bagian paling atas puncak Gunungapi Gamalama, pada elevasi di atas 1700 m dpl, dengan kemiringan lereng >45% (Gambar.4). Pulau Ternate dilihat dari statigrafinya, tersusun oleh produk gunungapi kuartar terdiri atas breksi vulkanik, lava andesit, endapan piroklastika rombakan, pasir, tufa dan lainnya (Firmansyah, 2011).



Gambar.3 Peta Kelerengan Gunungapi Gamalama (Bakosurtanal, 2009)

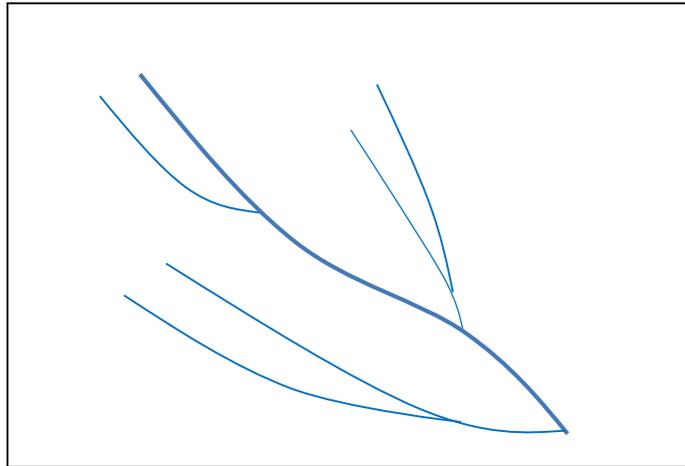


Gambar.4 Peta Ketinggian Gunungapi Gamalama (Bakosurtanal, 2009)

#### 5.4. Sungai

Sungai adalah air tawar dari sumber alamiah yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dan menuju atau bermuara ke laut, danau atau sungai yang lebih besar. Sungai memiliki pola pengaliran yaitu, pola aliran dendritik, pola aliran radial, pola aliran rectangular, pola aliran trellis, pola aliran annular dan pola aliran parallel (pola aliran sejajar), (Noor, 2010).

Sungai Tugurara memiliki pola pengaliran parallel yaitu, suatu sistem aliran yang terbentuk oleh lereng yang curam atau terjal. Dikarenakan morfologi lereng yang terjal maka bentuk aliran-aliran sungainya akan membentuk lurus-lurus mengikuti arah lereng dan cabang-cabang sungainya sangat sedikit (Gambar.5).



Gambar.5 Pola Aliran Paralel

Air sungai berasal dari atmosfer melalui presipitasi yaitu, hujan, salju, dan gletser yang mengalir dipermukaan bumi dengan membentuk saluran-saluran. Daerah yang curah hujannya tinggi akan memiliki jaringan aliran sungai yang rapat (Mulyo, 2004). Seorang hidrologi Rusia (Voyeikov dalam Mulyo 2004), menyatakan bahwa sungai dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Sungai yang airnya hanya berasal dari es dan salju yang mencair (*gletser*).
2. Sungai yang airnya hanya berasal dari hujan.
3. Sungai yang airnya berasal dari es, salju dan sebagian dari hujan.

#### 5.5. Debit Air Limpasan

Debit aliran sungai atau debit aliran limpasan ( $Q$ ) adalah banyaknya air sungai yang melalui suatu penampang persatuan waktu. Besarnya debit sungai tergantung pada musim, untuk sungai-sungai yang airnya seluruh atau sebagian berasal dari es dan salju, pada musim panas debitnya akan lebih besar, karena banyak es dan salju yang mencair. Sedangkan yang airnya berasal dari air hujan, maka pada musim hujan debit sungainya lebih besar dibandingkan waktu musim panas (Mulyo, 2004).

Limpasan permukaan merupakan air yang mencapai sungai tanpa mencapai permukaan air tanah yakni curah hujan yang dikurangi sebagian dari infiltrasi, besarnya air yang tertahan dan besarnya genangan. Limpasan permukaan merupakan

bagian terpenting dari puncak banjir, bagian dari curah hujan yang berlebihan dan mengalir selama periode hujan dan sebagian lagi sesudah hujan (Wesli, 2008).

Debit air limpasan dapat diketahui dengan menggunakan data curah hujan dan data lainya berdasarkan persamaan (Rasional) yang diekspresikan dalam formula (Wesli, 2008). Jumlah air yang dihasilkan akibat hujan tergantung dari intensitas hujan dan lama waktu hujan. Intensitas hujan yang besar dalam waktu yang singkat akan menghasilkan jumlah air yang berbeda dengan intensitas hujan yang kecil tapi dalam waktu yang lama. Keadaan yang paling ekstrim adalah intensitas hujan yang besar dengan waktu yang lama akan mengakibatkan banjir. Banjir dapat terjadi akibat adanya limpasan permukaan yang sangat besar yang disebabkan oleh hujan dan tidak dapat ditampung lagi oleh sungai atau drainase disamping itu limpasan permukaan yang berlebihan disebabkan tanah sudah jenuh air.

### **5.6. Tanah Longsor**

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah atau material campuran tersebut, bergerak kebawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap kedalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan diatasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng. Kejadian tanah longsor memiliki dimensi ruang dan waktu, longsor hanya dapat terjadi pada suatu lereng baik perbukitan, pegunungan, bantaran sungai, atau struktur timbunan (Muntohar, 2010).

Sungai Tugurara sering terjadi longsor pada dinding sungai apabila terjadi intensitas curah hujan dengan debit air limpasan yang tinggi, dan dikarenakan kondisi batuan yang tidak kompak berupa bongkah batuan, kerikil, pasir dan lanau masi lepas. Longsoran tersebut merupakan longsoran (*Debris Flow*) atau aliran bahan rombakan adalah longsoran material dengan ukuran yang bervariasi (dari halus hingga kasar) yang bercampur dengan air. *Debris flow* merupakan salah satu jenis longsor yang sering terjadi di Indonesia (Muntohar, 2010).

### **5.7. Lahar**

Di Indonesia, breksi gunungapi yang diangkut oleh air dikenal sebagai lahar (Bemmelen, 1949 dalam Alzwar dkk, 1988) yang sinonim artinya dengan aliran rombakan bahan gunungapi (*volcanic debris flow*), atau massa campuran rombakan bahan gunungapi dan air mengalir. Istilah lahar adalah menyangkut aliran campuran bahan rombakan gunungapi dan air serta endapan yang dihasilkan aliran campuran tersebut (Fisher & Schmincke, 1984 dalam Alzwar dkk, 1988).

Lahar mengalir mengikuti alur sungai, limpahan akan terjadi apabila lembah sungai tidak mampu mengakomodasi volume massa lahar. Limpahan ini merupakan ancaman bencana bagi masyarakat atau penduduk disekitar sungai (Paripurno, 2008).

### **5.8. Permukiman Atau Kawasan Terbangun**

Permukiman merupakan bagian dari lingkungan hidup, permukiman terletak diluar kawasan lindung dan permukiman merupakan bagian dari kawasan budidaya. Sebagai

bagian dari kawasan budidaya maka permukiman merupakan tempat tinggal sekaligus sebagai tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan para penghuninya. Permukiman merupakan kawasan yang didominasi oleh lingkungan hunian dengan fungsi utamanya sebagai tempat tinggal, permukiman perlu dilengkapi dengan prasarana lingkungan, sarana lingkungan, serta tempat kerja. Fungsi dari kelengkapan-kelengkapan tersebut adalah untuk memberikan pelayanan dan kesempatan kerja terbatas guna mendukung perikehidupan dan penghidupan penghuninya. Suatu permukiman akan berfungsi dengan baik, apabila prasarana, sarana, fasilitas, serta kesempatan kerja dan fungsi pelayanan tercukupi. Dari uraian tersebut, permukiman dapat didefinisikan sebagai “Lingkungan tempat tinggal manusia yang mendukung perikehidupan dan penghidupan” (Sadana, 2014). Kawasan permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup diluar kawasan lindung, baik berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan, yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Permukiman mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan perdesaan (Sadana, 2014).

### **5.9. Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem Informasi Geografis (SIG) dikembangkan pertama kali oleh *Canadian Geographic Information System* pada pertengahan tahun 1960-1970, yang didefinisikan pertama kali sebagai pengukuran peta berbasis computer (Longley et al., 2004 dalam Kumalawati, dkk, 2013). Seiring dengan berjalannya waktu pemanfaatan teknologi SIG kini telah mendunia, para ahli sepakat SIG merupakan representasi dari data grafis dan data *attribute* yang memiliki koordinat geografis. Sistem Informasi Geografis (SIG) memiliki enam komponen yaitu, manusia, *software*, data, *hardware* dan prosedur yang kesemuanya terhubung oleh satu *network*.

Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu menjawab minimal enam pertanyaan yaitu terkait identifikasi, lokasi, kecenderungan, jalur optimal, pola dan model (Kraak dan Ormeling, 2002 dalam Kumalawati, dkk, 2013). Model yang dapat dilakukan SIG dapat digunakan untuk peramalan mengenai hal apa yang terjadi jika suatu kondisi diterapkan baik itu terkait simulasi, evaluasi, maupun penemuan. Pemodelan dengan menggunakan SIG sangat menguntungkan sebab ia mampu menjelaskan solusi dari berbagai permasalahan dalam konteks keruangan salah satunya mengetahui kerusakan permukaan bumi akibat banjir lahar (Kumalawati, dkk, 2013).

## **6. Metode Penelitian**

Metode penelitian merupakan desain atau rencana penelitian berdasarkan tahapan-tahapannya yang digunakan untuk perolehan data penelitian dan penyelesaian hasil penelitian. Data perubahan luas sungai diperoleh melalui citra google earth, berdasarkan analisis Sistem Informasi Geografis (GIS) dan survey lapangan, maka diketahui luas sungai per-*section* sejak tahun 2008-2015 pada Sungai Tugurara. Data curah hujan pada kawasan Sungai Tugurara, diperoleh dari (BMKG) Kota Ternate, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (Rasional), (Wesli, 2008).

Rumus Rasional :  $Q = C \cdot I \cdot A$  ..... (1)

Dimana :

- Q = Debit (m<sup>3</sup>/detik)
- C = Koefisien aliran  
= Koefisien penyebaran hujan
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah aliran (Km<sup>2</sup>)

Koefisien penyebaran hujan ( ) merupakan nilai yang digunakan untuk mengoreksi pengaruh penyebaran hujan yang tidak merata pada suatu daerah pengaliran. Nilai besaran ini tergantung dari kondisi dan luas daerah pengaliran. Untuk daerah pengaliran yang relatif kecil biasanya kejadian hujan diasumsikan merata sehingga nilai koefisien penyebaran hujan ( ) = 1 (Tabel.1).

Tabel.1 Koefisien Penyebaran Hujan

No	Luas Daerah Pengaliran (Km <sup>2</sup> )	Koefisien Penyebaran Hujan
1	0 – 4	1
2	5	0.995
3	10	0.980
4	15	0.955
5	20	0.920
6	25	0.875
7	30	0.820
8	50	0.500

Dari rumus rasional diatas dapat diketahui bahwa besarnya debit sangat dipengaruhi oleh intensitas curah hujan dan luas daerah hujan. Karenah luas daerah hujan adalah tetap (variabel bebas) dan intensitas hujan dapat berubah-ubah (variabel terikat) maka dapat dikatakan bahwa besarnya debit berbanding lurus dengan intensitas hujan. Debit air sangat tergantung dari besarnya intensitas curah hujan, maka dapat dikatakan bahwa semakin besarnya intensitas curah hujan maka akan semakin besar pula debit air yang dihasilkan (Wesli, 2008).

Masalah penelitian ini kemudian dilakukan pengujian atau verifikasi menggunakan uji statistik. Permasalahan penelitian merupakan bentuk hipotesi assosiatif yang di uji menggunakan korelasi *Product Moment*, untuk melihat dugaan ada tidaknya hubungan secara signifikan antara dua variabel atau lebih (Sugiyono, 2011).

Rumus korelasi *product moment* berikut:  $r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$  ..... (2)

Teknik korelasi menentukan validitas item sampai sekarang merupakan teknik yang paling banyak digunakan. Item yang mempunyai korelasi positif dengan kriteria (skor total) serta korelasi yang tinggi, menunjukkan bahwa item tersebut mempunyai validitas yang tinggi pula. Adapun pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi (Tabel.2). Hasil uji korelasi *Product Moment* selanjutnya dapat dilakukan uji signifikan hubungan yaitu, apakah koefisien yang ditemukan itu berlaku pada

populasi sampel yang diambil. Uji signifikan korelasi *Product Moment* secara praktis, yang tidak perlu dihitung, tetapi langsung dikonsultasikan pada r table *Product Moment* (Tabel.3), dengan taraf kesalahan 5%, (Sugiyono, 2011).

Pengujian korelasi *Product Moment* r hitung ( $r_h$ ) dan selanjutnya dibandingkan dengan pengujian signifikan korelasi *Product Moment* r tabel ( $r_t$ ). Ketentuannya bila r hitung lebih kecil dari r tabel, maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, tetapi sebaliknya bila r hitung lebih besar dari r tabel ( $r_h > r_t$ ) maka  $H_a$  diterima (Sugiyono, 2011).

Keterangan:

$H_0$  = (Tidak ada hubungan)

$H_a$  = (Ada hubungan)

Tabel.2 Pedoman Untuk Memberikan Interpretasi Koefisien Korelasi (Sugiono, 2011)

No	Interval Koefisien Korelasi	Tingkat Hubungan
1	0,00 - 0,199	Sangat Rendah
2	0,20 - 0,399	Rendah
3	0,40 - 0,599	Sedang
4	0,60 - 0,799	Kuat
5	0,80 - 1,000	Sangat Kuat

Tabel.3 Nilai-Nilai  $r_t$  *Product Moment* (Sugiyono, 2011)

N	Taraf Signifikan		N	Taraf Signifikan		N	Taraf Signifikan	
	5%	1%		5%	1%		5%	1%
3	0.997	0.999	27	0.381	0.487	55	0.266	0.345
4	0.95	0.99	28	0.374	0.478	60	0.254	0.33
5	0.878	0.958	29	0.367	0.47	65	0.244	0.317
6	0.811	0.917	30	0.361	0.463	70	0.235	0.306
7	0.754	0.874	31	0.355	0.456	75	0.227	0.296
8	0.707	0.834	32	0.349	0.449	80	0.22	0.286
9	0.666	0.798	33	0.344	0.442	85	0.213	0.278
10	0.632	0.765	34	0.339	0.436	90	0.207	0.27
11	0.602	0.735	35	0.334	0.430	95	0.202	0.263
12	0.576	0.708	36	0.329	0.424	100	0.195	0.256
13	0.553	0.684	37	0.325	0.418	125	0.176	0.23
14	0.532	0.661	38	0.32	0.413	150	0.159	0.21
15	0.514	0.614	39	0.316	0.408	175	0.148	0.184
16	0.497	0.623	40	0.312	0.403	200	0.138	0.181
17	0.482	0.606	41	0.308	0.398	300	0.113	0.148
18	0.468	0.59	42	0.304	0.393	400	0.098	0.128
19	0.456	0.575	43	0.301	0.389	500	0.088	0.115
20	0.444	0.561	44	0.297	0.384	600	0.08	0.105
21	0.433	0.549	45	0.294	0.38	700	0.074	0.097
22	0.423	0.537	46	0.291	0.376	800	0.07	0.091
23	0.413	0.526	47	0.288	0.372	900	0.065	0.086
24	0.404	0.515	48	0.284	0.368	1000	0.062	0.081
25	0.396	0.505	49	0.281	0.364			
26	0.388	0.496	50	0.279	0.361			

## 7. Pembahasan

Debit air limpasan adalah salah satu faktor alam yang menyebabkan terjadinya perubahan luas Sungai Tugurara, dari luas sungai sebesar 28.530 m<sup>2</sup> pada tahun 2010, berubah menjadi lebih besar 42.029 m<sup>2</sup> pada tahun 2011, (Tabel.4). Debit air limpasan (*runoff*) terbesar 102,397 (m<sup>3</sup>/detik) sejak 8 tahun terakhir, dari tahun 2008-2015, berhubungan dengan perubahan luas Sungai Tugurara pada tahun 2011.

Tingginya intensitas curah hujan pada tahun 2011, dapat menyebabkan debit air limpasan (*runoff*) terbesar pada tahun 2011, di Sungai Tugurara telah mengakibatkan bencana luapan banjir lahar pada kawasan permukiman di tiga kelurahan, yaitu Kelurahan Tubo, Kelurahan Akehuda dan Kelurahan Dufa-Dufa. Luapan banjir lahar yang terjadi pada kawasan permukiman dengan material berupa bongkah batuan >4 m, pasir, kerikil dan abu vulkanik menyebabkan kerusakan pada kawasan permukiman (Gambar.5).

Tabel.4 Debit Air Limpasan dan Luas Sungai Tugurara Tahun 2008-2015

No	Tahun	Debit Air Limpasan (m <sup>3</sup> /detik)	Luas Sungai (m <sup>2</sup> )
1	Thn 2008	75,623	23.651
2	Thn 2009	82,275	29.505
3	Thn 2010	83,918	28.530
4	Thn 2011	102,397	42.029
5	Thn 2012	82,795	55.203
6	Thn 2013	86,750	55.800
7	Thn 2014	70,429	56.024
8	Thn 2015	36,589	56.282
Minimum		36,589	23.651
Maksimum		102,397	56.282
Rata-Rata		77,597	43.378

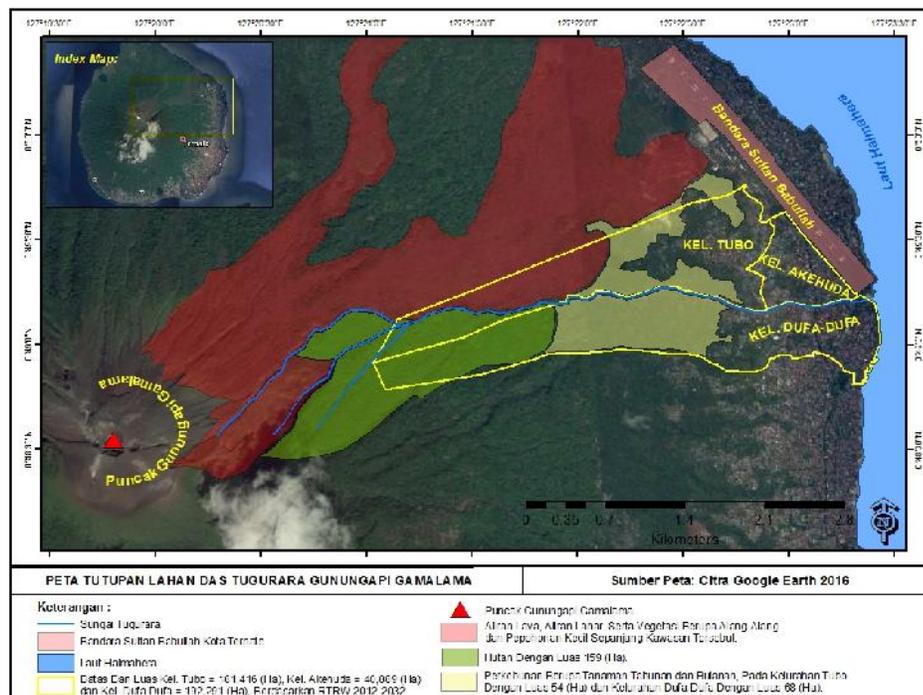


Gambar.5 Sala satu bangunan rumah rusak berat akibat terkena bongkah batuan >4 m, pada saat luapan banjir lahar tahun 2011-2012, di Kelurahan Tubo.

Besarnya debit air limpasan (*runoff*) pada kawasan Sungai Tugurara merupakan hubungan dari tingginya intensitas curah hujan, yang tidak terinfiltrasi dengan baik dapat disebabkan oleh faktor berkurangnya daerah resapan air, kondisi litologi seperti aliran lava dan kemiringan lereng yang cukup terjal pada kawasan Sungai Tugurara (Gambar.6).

Berkurangnya daerah resapan air pada kawasan hulu Sungai Tugurara disebabkan semakin berkurangnya vegetasi karena adanya penggunaan lahan pada kawasan hutan sebagai lahan perkebunan dan bahkan saat ini lahan perkebunan mulai terbangunkan perumahan hunian sebagai kawasan terbangun yang semakin mengarah ke hulu Sungai Tugurara (Gambar.7). Kawasan Sungai Tugurara selain terendapkan aliran lahar muda yang terjadi pada tahun 1840, 1897 dan 1907, dapat pula terendapkan aliran lava andesit basal sebagai litologi yang berwarna abu-abu gelap, struktur masif dan berlubang bekas keluarnya gas yang tidak saling berhubungan serta bentuk agak melingkar dan agak menyudut terendapkan mulai dari hulu Sungai Tugurara sampai ke kawasan permukiman yang terjadi pada tahun 1907 (Bronto,dkk, 1982) dan (Bronto, 2013). Dengan demikian litologi tersebut dapat bersifat tidak meluluskan air untuk terjadinya infiltrasi (Gambar.8).

Kawasan Sungai Tugurara memiliki kemiringan lereng yang cukup terjal >45% pada hulu sungai hingga ke puncak gunungapi Gamalama dan kemiringan lereng landai pada hilir sungai 0-8% dpl, dapat menyebabkan tingginya kecepatan aliran air limpasan (*runoff*), apabila terjadi hujan dengan pendeknya panjang sungai  $\pm 6,5$  km, dari muara sungai sampai ke hulu Sungai Tugurara dan panjang sungai dari kawasan permukiman ke hulu Sungai Tugurara saat ini  $\pm 3,5$  km, berdasarkan pengukuran *Geographic Information Sistem* (GIS).



Gambar.6 Peta tutupan lahan pada DAS Tugurara gunungapi Gamalama



Gambar.7 Berkurangnya daerah resapan air karena penggunaan lahan pada kawasan hutan sebagai lahan perkebunan dan lahan perkebunan saat ini mulai terbangunkan perumahan hunian sebagai kawasan terbangun yang semakin ke hulu sungai.



Gambar.8 Aliran lava andesit basal terendapkan mulai dari puncak gunungapi Gamalama sampai ke kawasan permukiman pada tahun 1907.

Kondisi Sungai Tugurara dengan beberapa faktor tersebut, apabila terjadi intensitas curah hujan tinggi maka dapat juga menyebabkan besarnya debit air limpasan (*runoff*), seperti yang terjadi pada tahun 2011. Perubahan luas Sungai Tugurara terjadi karena besarnya debit air limpasan dapat menggerus batuan pada dinding sungai yang tidak kompak dan dapat mengakibatkan terjadinya longsoran di sepanjang dinding sungai dengan kemiringan rata-rata  $78^{\circ}$  terutama di bagian hulu sungai. Besarnya debit air limpasan dapat membawa material disepanjang sungai dari ukuran pasir, kerikil hingga bongkah dan meluap pada kawasan permukiman sebagai bencana banjir lahar pada tahun 2011-2012.

Debit air limpasan berhubungan dengan perubahan luas Sungai Tugurara, dapat dilakukan pengujian atau verifikasi menggunakan uji korelasi *Product Moment* untuk

melihat ada tidaknya hubungan antara variabel debit air limpasan dengan variabel perubahan luas Sungai Tugurara (Tabel.5) dan (Gambar.9).

Hasil korelasi *Product Moment* r hitung ( $r_h$ ) selanjutnya dapat diketahui hubungan signifikannya dengan melakukan pengujian signifikan korelasi *Product Moment*, akan tetapi pengujian signifikan tidak perlu dilakukan perhitungan melainkan membandingkan r hitung dengan nilai r tabel *Product Moment* (Tabel.3) dengan taraf kesalahan 5%.

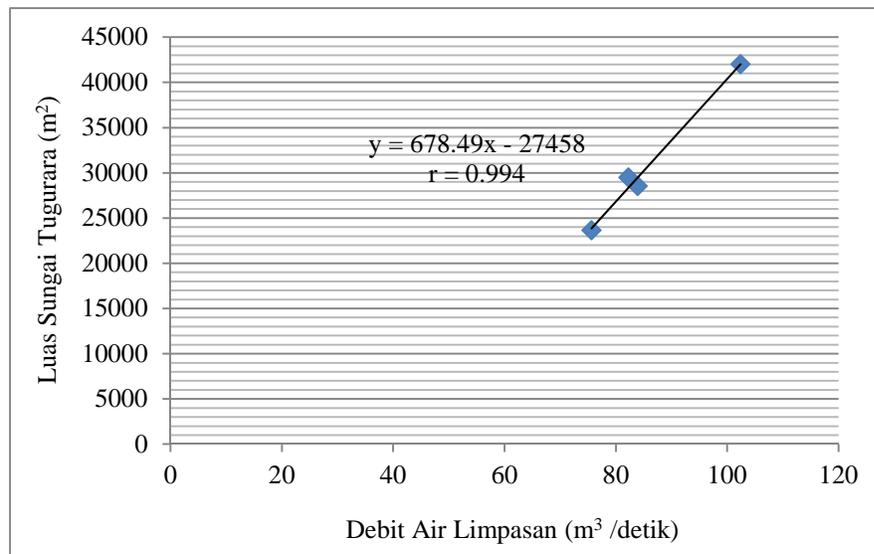
Ketentuannya bila r hitung lebih kecil dari r tabel, maka  $H_0$  diterima, dan  $H_a$  ditolak. Tetapi sebaliknya bila r hitung lebih besar dari r tabel ( $r_h > r_t$ ) maka  $H_a$  diterima.

Tabel.5 Korelasi *Product Moment* ( $r_h$ ) Debit Air Limpasan dan Luas Sungai Tugurara Tahun 2008-2011

No	x	Y	(x-X) (x)	(y-Y) (y)	(x <sup>2</sup> )	(y <sup>2</sup> )	(yx)
1	75,623	23.651	-10,430	-7.278	108,7901151	52.965.645,06	75.908,75194
2	82,275	29.505	-3,778	-1.424	14,27517306	2.027.064,063	5.379,283438
3	83,918	28.530	-2,135	-2.399	4,559292563	5.754.001,563	5.121,930938
4	102,397	42.029	16,344	11.100	267,1181641	123.215.550,1	181.419,7109
	344,213	123.715			394,743	183.962.261,8	267.829,677
R	86,053	30.929					

Diketahui hasil r hitung:

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} = \frac{267.829,677}{\sqrt{(394,743)(183.962.261,8)}} = 0.994$$



Gambar.9 Grafik korelasi debit air limpasan dengan perubahan luas Sungai Tugurara

Berdasarkan pengujian korelasi *Product Moment* diketahui bahwa debit air limpasan berhubungan dengan perubahan luas Sungai Tugurara, dengan adanya nilai koefisien korelasi positif yang sangat kuat sebesar  $r = 0.994$ . Hasil  $r$  hitung diuji signifikannya dengan membandingkan nilai  $r$  tabel  $n = 4$  dengan taraf kesalahan 5% maka nilai  $r_t = 0.950$ . Dengan demikian nilai  $r$  hitung lebih besar dari  $r$  tabel ( $r_h > r_t$ ), maka  $H_a$  diterima dan  $H_o$  ditolak, artinya hubungan tersebut signifikan dan koefisien dapat diberlakukan pada populasi sampel yang diambil.

## 8. Kesimpulan

Debit air limpasan berhubungan dengan perubahan luas Sungai Tugurara. Perubahan luas Sungai Tugurara menjadi lebih besar dikarenakan besarnya debit air limpasan yang mampu menggerus batuan pada dinding sungai dan menyebabkan longsor dinding sungai serta membawahkan material disepanjang sungai sebagai bencana luapan banjir lahar pada kawasan permukiman ditiga kelurahan yaitu, Kelurahan Tubo, Kelurahan Akehuda dan Kelurahan Dufa-Dufa pada tahun 2011. Dengan demikian perubahan luas Sungai Tugurara, terjadi sangat signifikan. Hasil uji korelasi *product moment* diketahui bahwa debit air limpasan (*runoff*) berhubungan dengan perubahan luas Sungai Tugurara, dengan adanya nilai koefisien korelasi sangat kuat sebesar 0.994 dan signifikan adanya nilai  $r$  hitung ( $r_h > r_t$ )  $r$  tabel sebesar 0.950, maka  $H_a$  diterima dan nilai koefisien dapat diberlakukan pada populasi sampel diambil.

## 9. Daftar Pustaka

- Anonim. 2015. *Gerakan Tanah*. Bandung, (PVMBG), Badan Geologi.
- Anonim. 2011. *Data Dasar Gunungapi Indonesia*. Bandung, (PVMBG) Edisi Kedua. Badan Geologi. Tidak Di Terbitkan.
- Alzwar, M. Samodra, H & Tarigan, J. 1988. *Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi*. Bandung, NOVA Bandung.
- Bacharudin, R. Martono, A. & Djuhara, A. 1996. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Gamalama, Ternate, Maluku*. Bandung, Pusat Vulkanologi Mitigasi dan Bencana Geologi (PVMBG). Tidak Di Terbitkan.
- Bronto, S. 2013. *Geologi Gunungapi Purba*. Bandung, Edisi Ke-II Badan Geologi.
- Bronto, S. Hadisantoso, R.D. dan Lockwood, J.P. 1982. *Peta Geologi Gunungapi Gamalama, Ternate, Maluku*. Bandung, Pusat Vulkanologi Mitigasi dan Bencana Geologi (PVMBG). Tidak Di Terbitkan.
- Firmansyah. 2011. *Identifikasi Tingkat Risiko Bencana Letusan Gunung Api Gamalama Di Kota Ternate*. Bandung, Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol.2 No.3. Teknik Planologi, Universitas Pasundan.
- Kumalawati, R. Sartohadi, J. Rijanta. Pradipto, R. Samsurijal, S. Prasaja, A.S. 2013. *Klasifikasi Kerusakan Permukiman Akibat Banjir Lahar Menggunakan Model BUILDER GIS*. Yogyakarta, Prosiding, Seminar Nasional Pendayagunaan Informasi Geospasial Untuk Optimalisasi Otonomi Daerah 2013. Universitas Gadjah Mada. Tidak Di Terbitkan.
- Muntohar, A.S. 2010. *Tanah Longsor: Analisis, Prediksi dan Mitigasi*. Yogyakarta, A&R<sup>2</sup> Press.

- Mulyo, A. 2004. *Pengantar Ilmu Kebumihan*. Bandung, CV. Pustaka Setia.
- Noor, D. 2010. *Geomorfologi*. Bogor, Universitas Pakuan.
- Paripurno, T.E. 2008. *Karakter Lahar Gunungapi Merapi Sebagai Respon Perbedaan Jenis Erupsi Sejak Holosen*. Bandung, Disertasi Doktor, Universitas Padjadjaran. Tidak Di Terbitkan.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung, CV. ALFABETA.
- Weningsulistri, Subektiningsih, D. Yayo. Tata. Hasan, J. Barham & Taufan. 2012. *Evaluasi Risiko Bencana Gunungapi Gamalama Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara*. Bandung, Laporan, Pusat Vulkanologi Mitigasi dan Bencana Geologi (PVMBG). Tidak Di Terbitkan.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta, Graha Ilmu.

Telah Disetujui Oleh Tim Pembimbing  
Pada Tanggal, 3 Januari 2017.

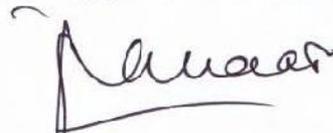
Menyetujui

Ketua Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Dicky Muslim, M. Sc.  
NIP. 196712151994031003

Anggota Komisi Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Nana Sulaksana, MSP.  
NIP. 195210021983121001