

# PENENTUAN JALUR EVAKUASI LAHAR GUNUNG TANGKUBAN PERAHU MENGGUNAKAN METODE *ANT COLONY* DENGAN PENDEKATAN SIG DI PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI GEOLOGI

Angga Pratama Rahmanto<sup>1</sup>, Anna Dara Andriana<sup>2</sup>.

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Komputer Indonesia

Jalan Dipati Ukur No.112-116 Kota Bandung

E-mail : [anggapcaw@gmail.com](mailto:anggapcaw@gmail.com)<sup>1</sup>, [anna.dara.andriana@email.unikom.ac.id](mailto:anna.dara.andriana@email.unikom.ac.id)<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Gunung Tangkuban Perahu merupakan salah satu gunung api aktif di Indonesia yang terletak di Subang, Bandung, Provinsi Jawa Barat. Puncaknya berada pada posisi koordinat 107.633 BT; 6.773 LS dengan ketinggian mencapai 2084 meter di atas permukaan laut. Sejauh ini di Pusat Vulkanologi Mitigasi Dan Bencana mempunyai 9 titik kumpul jalur evakuasi yang berada dikawasan Desa Cikole, tetapi 5 jalurnya tidak memenuhi fungsi yang seharusnya yaitu yang terletak di Kecamatan Ciater, Jalan Cagak, Serang Panjang, Sagala Herang dan Cijambe jalur tersebut sulit di evaluasi karena memiliki akses jalan yang terhalang oleh lahar. Hal penting yang harus dilakukan yaitu dengan dilakukannya mitigasi bencana yang merupakan upaya untuk mengurangi resiko. Berdasarkan permasalahan yang dijelaskan sebelumnya, PVMBG Kota Bandung membutuhkan Sistem Informasi Geografis yang dapat memetakan atau menyajikan data dan informasi kebencanaan Gunung Tangkuban Perahu agar wilayah bencana dan letak pos pengungsian serta jalur evakuasi dapat diketahui dengan mudah, dimana sistem ini menggunakan metode *ant colony* sebagai menentukan jalur evakuasi terdekat.

**Kata kunci :** Jalur Evakuasi, Mitigasi Bencana, Sistem Informasi Geografis, Lokasi Pos Pengungsian, Lembang.

## 1. PENDAHULUAN

Gunung Tangkuban Perahu merupakan salah satu gunung api aktif di Indonesia yang terletak di Subang, Bandung, Provinsi Jawa Barat. Puncaknya berada pada posisi koordinat 107.633 BT; 6.773 LS dengan ketinggian mencapai 2084 meter di atas permukaan laut. Pada tanggal 26 Juli 2019 pukul 15:48 WIB telah terjadi erupsi Gunung api Tangkuban Perahu. Pemantauan yang dilakukan salah satunya melalui Pos Pengamatan Gunung api (Pos PGA) yang berada di Wates, Desa Cikole, Kecamatan Lembang. Sejauh ini di Pusat

Vulkanologi Mitigasi Dan Bencana mempunyai 9 titik kumpul jalur evakuasi yang berada dikawasan Desa Cikole, tetapi 5 jalurnya tidak memenuhi fungsi yang seharusnya yaitu yang terletak di Kecamatan Ciater, Jalan Cagak, Serang Panjang, Sagala Herang dan Cijambe jalur tersebut sulit di evaluasi karena memiliki akses jalan yang terhalang oleh lahar. Hal penting yang harus dilakukan yaitu dengan dilakukannya mitigasi bencana yang merupakan upaya untuk mengurangi resiko bencana baik bencana alam, bencana ulah manusia maupun gabungan dari keduanya, melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana.

Berdasarkan wawancara dengan Kepala Bidang Evaluasi Potensi Bencana Gunung Api yang diwakili oleh Bapak Ir. Gede Suantika, M.Si yang merupakan Kepala Bidang Evakuasi. menyatakan bahwa saat upaya mitigasi bencana letusan gunung api di Pusat Vulkanologi Mitigasi dan Bencana Geologi dilakukan di pos pengamatan Gunung Tangkuban Perahu untuk melaporkan informasi erupsi letusan Gunung Tangkuban Perahu dan terus dilaksanakan sampai ke tingkat status awas. Tanah di Kecamatan Lembang merupakan kawasan vulkanis sehingga kontur didaerah tersebut bisa mengalami perubahan. Hal tersebut mengakibatkan penentuan jalur evakuasi seringkali mengalami perubahan jalur untuk menuju ke pos pengungsian, pada saat menentukan jalur evakuasi di PVMBG berupa peta yang menggambarkan jalur evakuasi yang tidak merinci disetiap masing-masing kecamatan. Hal ini mengakibatkan masalah dalam penentuan jalur evakuasi menuju pos pengungsian yang tidak sesuai pada wilayah kecamatan lembang dan berakibat jalur evakuasi menjadi ke jalur yang lebih jauh menuju pos pengungsian. Seperti pada bulan Juli 2019 penggambaran jalur evakuasi menuju pos pengungsian terjadi kesalahan yang mengakibatkan jalur evakuasi tersebut tidak sesuai. Perlunya media visualisasi yang dapat menyajikan jalur evakuasi yaitu dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis. Karena, dengan menggunakan media visualisasi berupa peta online akan mudah

dipahami oleh Kepala Bidang Mitigasi Dan Bencana Gunung Api, maupun masyarakat yang ingin mengetahui wilayah bencana.

Berdasarkan permasalahan yang dijelaskan sebelumnya, PVMBG Kota Bandung membutuhkan Sistem Informasi Geografis yang dapat memetakan atau menyajikan data dan informasi kebencanaan Gunung Tangkuban Perahu agar wilayah bencana dan letak pos pengungsian serta jalur evakuasi dapat diketahui dengan mudah, dimana sistem ini menggunakan metode *ant colony* sebagai menentukan jalur evakuasi terdekat dan dapat membantu Kepala Bidang Mitigasi Bencana Gunung Api dan Kesiapsiagaan dalam pengawasan evaluasi wilayah rawan bencana guna menunjang pelaksanaan penanggulangan bencana.

### 1.1 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah yang mendasari penyusunan tugas akhir ini adalah membangun penentuan jalur evakuasi lahar gunung tangkuban perahu menggunakan metode ant colony dengan pendekatan sig di Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Geologi.

### 1.2 Maksud dan Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang diteliti, maka maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk membangun Penentuan Jalur Evakuasi Lahar Gunung Tangkuban Perahu Menggunakan Metode Ant Colony Dengan Pendekatan Sig Di Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Geologi. Sedangkan tujuan dari dilakukannya yaitu membantu Kepala Bidang Evaluasi Bencan Gunung Api dalam penentuan jalur evakuasi yang diambil sesuai tingkat bencana pada wilayah rawan bencana yang ada di Gunung Tangkuban Perahu.

## 2. ISI PENELITIAN

### 2.1 Bahasa dan tools yang digunakan

Bahasa dan tools yang digunakan dalam membangun WebSIG ini adalah :

- Aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman HTML, PHP, JavaScript, CSS, GoogleApi.
- Data Base Management System (DBMS) menggunakan Postgresql.
- Untuk pembuatan layer menggunakan ArcGIS.

Ruang lingkup dalam suatu penelitian harus dibatasi agar penelitian tersebut terarah sesuai dengan tujuannya. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini meliputi :

- Data spasial pada peta meliputi wilayah kawasan rawan bencana berupa *polygon*, wilayah Kecamatan berupa *polygon*, wilayah Desa berupa *polygon*, lokasi pos

pengungsian berupa point, jalur evakuasi berupa *polyline*.

- Data non spasial meliputi data kependudukan.
- Studi kasus yang dilakukan berdasarkan data yang diberikan oleh PVMBG Kota Bandung.
- Layer yang digunakan:
  - Layer batas desa, menjelaskan batas desa yang ada di Kabupaten Garut
  - Layer kejadian bencana yang menjelaskan berapa banyak kejadian bencana yang pernah terjadi.
  - Layer kepadatan penduduk yang menjelaskan kepadatan penduduk tiap desa.
  - Layer resiko bencana yang menjelaskan tingkat resiko bencana dari setiap desa.
- Aplikasi yang dibangun berbasis web (WebSIG) online.

### 2.2 Analisis Sistem

Analisis sistem yang sedang berjalan merupakan salah satu tahapan untuk mengetahui sistem yang sedang berjalan pada PVMBG yang akan dikaitkan dengan kesesuaian dalam pembangunan sistem. Analisis sistem yang sedang berjalan di PVMBG, diantaranya prosedur penentuan KRB diantaranya.

Prosedur KRB adalah prosedur dimana melakukan kawasan rawan bencana berdasarkan letak posisi tersebut berada. Proses – proses yang dilakukan adalah :

- Melakukan penyelidikan pemetaan di daerah kawasan rawan bencana.
- Pemantauan gunung api secara garis besar menggunakan metode seismik, deformasi ,geokimia, dan geofisik lainnya.
- Potensi bahaya letusan gunung api sesuai permen ESDM No. 11 tahun 2006
- Peta Kawasan Rawan Bencana.

Prosedur Jalur evakuasi untuk masyarakat adalah prosedur dimana jalur evakuasi untuk masyarakat. Proses – proses yang dilakukan adalah :

- Pos Pengamat Gunung Api memberikan informasi erupsi gunung api kepada petugas bidang evaluasi potensi bencana.
- Petugas bidang evaluasi potensi bencana menerima laporan erupsi gunung api
- Petugas Bidang Evaluasi Potensi Bencana membunyikan tanda peringatan dini erupsi letusan gunung api.
- Masyarakat menerima tanda peringatan dini erupsi gunung api dari petugas Bidang Evaluasi Potensi Bencana .
- Petugas Bidang Evaluasi Potensi Bencana melakukan pengecekan jalur evakuasi.
- Jika jalur evakuasi dapat dilalui oleh masyarakat maka dibuat rambu tanda jalur evakuasi.

7. Jika tidak ada jalur evakuasi maka pemasangan rambu tanda jalur evakuasi tidak akan dibuat.
8. Petugas Bidang Evaluasi Potensi Bencana membuat dan memasang rambu jalur evakuasi
9. Masyarakat Pergi ke tempat evakuasi ketika sudah diperintahkan oleh pihak berwenang.

Prosedur penentuan pos pengungsian adalah prosedur dimana melakukan penentuan pos pengungsian berdasarkan letak posisi tersebut berada. Proses – proses yang dilakukan adalah :

1. Pos Pengamat Gunung Api memberikan informasi erupsi gunung api kepada petugas bidang evaluasi potensi bencana
2. Petugas bidang evaluasi potensi bencana menerima laporan erupsi gunung api
3. Petugas bidang evaluasi potensi bencana melihat apakah laporan erupsi gunung api sudah dalam tingkat yang serius untuk ditangani.
4. Jika erupsi gunung api sudah dalam tingkat serius untuk segera di tangani maka Petugas bidang evaluasi potensi bencana memberikan informasi erupsi gunung api kepada Kepala Bidang Mitigasi Bencana Gunung Api.
5. Kepala Bidang Mitigasi Bencana Gunung Api menerima laporan erupsi gunung api.
6. Kepala Bidang Mitigasi Bencana Gunung Api melihat apakah erupsi gunung tersebut harus di tetapkan status bahaya dalam skala nasional.
7. Jika erupsi gunung api tersebut berbahaya maka Kepala Bidang Mitigasi Bencana Gunung Api mengusulkan kepada presiden RI.
8. Jika Presiden RI menetapkan erupsi gunung api tersebut berbahaya maka dibuatlah status bahaya dalam skala nasional.

Jika sudah di tetapkan oleh pr esiden RI status bahaya erupsi gunung api tersebut maka petugas bidang evaluasi potensi bencana membuat peta KRB dan dibuatnya pos pengungsian berdasarkan radius peta KRB

### 2.3 Analisis Data Spasial

Data spasial pada aplikasi yang akan dibangun meliputi kecamatan, kelurahan, KRB, Pos pengungsian dan jalur. Data spasial tersebut dibedakan dengan bentuk dan warna yang berbeda agar informasi yang di tampilkan terlihat lebih jelas Berikut spesifikasi informasi data spasial pada aplikasi yang akan dibangun yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Analisa Data spasial

No	Indikator	Data Spasial	Contoh
1	KRB	Polygon	
2	KRB II	Polygon	
3	KRB III	Polygon	
4	Kecamatan	Polygon	
5	Kelurahan	Polygon	
6	Pos pengungsian	Point	
7	Jalur Evakuasi	Line	

### 2.4 Analisis Data Non Spasial

Data non spasial (atribut) merupakan informasi individual dari setiap data vector peta digital, data non spasial diperlukan dalam SIG ini, yang dimana akan berisikan informasi mengenai data spasial. Analisis data non spasial yang digunakan untuk membangun sistem ini dapat dilihat pada Tabel 2

**Tabel 2.** Analisa Data non spasial

No	Nama	Deskripsi	Atribut
1	Data Kependudukan	Berisi mengenai informasi data kependudukan di Kecamatan lembang.	Nama_desa , Jumlah Penduduk

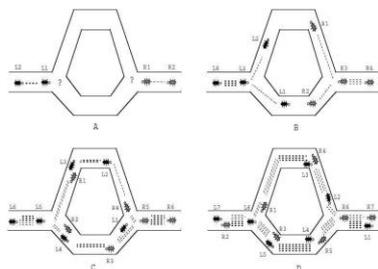
Sedangkan untuk entitas data spasial adalah poligon yang berisi data tentang area dalam peta. Pada penelitian ini tidak dibahas tentang data teristik karena perangkat lunak yang dibangun menggunakan google maps yang di dalamnya sudah terintegrasi data teristik yang siap digunakan untuk berbagai kepentingan. Relasi data antara data atribut beserta data spasial dapat dilihat pada gambar 1 di bagian lampiran.

### 2.5 Penentuan jalur evakuasi menggunakan metode ant colony

Area bencana adalah area yang harus dievakuasi, dimana korban harus dievakuasi secara cepat, agar korban evakuasi ditangani cepat dengan menentukan jalur evakuasi terdekat maka salah satu pendekatannya melakukan perhitungan dengan menggunakan metode *ant colony*. Dimana pada kasus tersebut area desa cikole yang menjadi area prioritas evakuasi menuju pos pengungsian. Berikut ini langkah – langkah perhitungan rute terpendek menggunakan algoritma semut.

Tahapan-tahapan yang digunakan adalah:

1. Intensitas jejak semut antar desa dan perubahannya ( $\tau_{ij}$ ).
2. Banyak desa ( $n$ ) termasuk koordinat ( $x,y$ ) atau jarak antar desa ( $d_{ij}$ ) serta desa berangkat dan desa tujuan.
3. Tetapan siklus-semut ( $Q$ ).
4. Tetapan pengendali intensitas jejak semut ( $\alpha$ ), nilai  $\alpha \geq 0$ .
5. Tetapan pengendali visibilitas ( $\beta$ ), nilai  $\beta \geq 0$ .
6. Visibilitas antar desa =  $1/d_{ij}$  ( $\eta_{ij}$ ).
7. Banyak semut ( $m$ ).
8. Tetapan penguapan jejak semut ( $\rho$ ), nilai  $\rho$  harus  $> 0$  dan  $< 1$  untuk mencegah jejak pheromone yang tak terhingga.
9. Jumlah siklus maksimum ( $NC_{max}$ ) bersifat tetap selama algoritma dijalankan, sedangkan  $\tau_{ij}$  akan selalu diperbaharui harganya pada setiap siklus algoritma mulai dari siklus pertama ( $NC=1$ ) sampai tercapai jumlah siklus maksimum ( $NC=NC_{max}$ ) atau sampai terjadi konvergensi.



**Gambar 1.** Metode Ant Colony

Berikut adalah tabel visibilitas antar desa.

**Tabel 3.** Visibilitas Antar Desa

Desa ke-	1	2	3	4
1	0	200m	600m	1200m
2	400m	0	550m	700m
3	2400m	3000m	0	1500m
4	800m	650m	350m	0

Pengukuran jarak antar desa dihitung dengan google maps. Data jarak antar lokasi dapat dilihat pada tabel .

Keterangan :

1. Jalan Jayagiri, Jalan Gunung Putri, Jalan Cilumber
2. Jalan Cibedug, Jalan Raya Tangkuban Perahu, Jalan Cilumber
3. Jalan Lembang Genteng, Jalan Raya Tangkuban Perahu, Jalan Cilumber
4. Jalan Raya Tangkuban Perahu, Jalan Cibedug, Jalan Cilumber.

**Tabel 4.** Feromon Antar Titik

Desa ke-	1	2	3	4
1	0	0,01	0,01	0,01
2	0,01	0	0,01	0,01
3	0,01	0,01	0	0,01
4	0,01	0,01	0,01	0

Nilai dari parameter visibilitas ( $\eta$ ) dan intensitas feromon ( $\tau$ ) ini nantinya akan digunakan dalam persamaan probabilitas dan merupakan parameter yang mempengaruhi semut dalam pemilihan titik berikutnya (aturan transisi). Mencaru titik tujuan dengan perhitungan probailitas:

$$\Sigma = [\tau(r, u)] \alpha \cdot [\eta(r, u)] \beta = \dots \dots (1)$$

## 2.6 Implementasi Sistem

Setelah dilakukan analisis dan perancangan terhadap perangkat lunak yang akan dibangun maka langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan hasil-hasil tersebut. Perangkat lunak ini dibangun menggunakan perangkat lunak dengan spesifikasi dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Perangkat lunak yang ada saat ini

1.	Sistem Operasi	Microsoft Windows 7
2.	Aplikasi Perangkat Kerja	Microsoft Office 2010
3.	Web Browser	Google Chrome
4.	ArcGis Dekstop	Versi 10.4
5.	PostgreSQL Database	Versi 4

Langkah awal dalam mengimplementasi sistem adalah mengimplementasi basis data. Sesuai dengan hasil perancangan maka dibuatlah 6 buah tabel menggunakan DBMS PostgreSQL. Hasil dari implementasi basis data dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Implementasi basis data

No.	Nama File	File yang berhubungan
1	Admin	Admin.sql
2	Kecamatan	Kecamatan.sql
3	Kelurahan	Kelurahan.sql
4	User	Users.sql
5	Petugas	Petugas.sql
6	Pos pengungsian	Pos_pt.sql
7	KRB	Batas_ar.sql
8	Kepala	Kepala.sql

Langkah berikutnya adalah mengimplementasi antarmuka sesuai dengan hasil perancangan. Hasil implementasi antarmuka terbagi menjadi dua jenis,

yaitu implementasi antarmuka admin dan implementasi antarmuka Hasil implementasi antarmuka admin dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Implementasi Antar Muka

No.	Menu	Nama File
1	Login	Login.php Style.css
2	Beranda	index.php Style.css
3	Pengolahan data Kecamatan	kecamatan.php Style.css
4	Pengolahan data Kelurahan	Kelurahan.php Style.css
5	Pengolahan data user	User.php Style.css
6	Pengolahan data Pos pengungsian	pos.php Style.css
7	Pengolahan data KRB	KRB.php Style.css
8	Logout	Logout.php Style.css

Hasil implementasi antarmuka yang sangat signifikan dalam pembangunan perangkat lunak sistem informasi geografis ini adalah antarmuka yang menampilkan data geografis Gunung Tangkuban Parahu beserta fasilitas umum yang ada di dalamnya.

**Tabel 8.** Kebutuhan fungsional perangkat lunak

No.	Spesifikasi Kebutuhan Fungsional
SKPL-P-01	Sistem dapat menyediakan fasilitas login.
SKPL-P-02	Sistem menampilkan kecamatan dan kelurahan dalam peta Kota Lembang. Peta bisa ditampilkan dalam bentuk <i>map</i> dan <i>satelite</i> .
SKPL-P-03	Sistem dapat menyediakan pengelolaan data koordinat (spasial) maupun data atribut (non spasial).
SKPL-P-04	Sistem dapat memberikan status Kawasan Rawan Bencana
SKPL-P-05	Sistem dapat memberikan informasi lokasi tempat pos pengungsian.
SKPL-P-06	Sistem memiliki informasi jalur evakuasi yang nantinya bisa dimanfaatkan sebagai sarana <i>feedback</i> oleh dinas terkait, bidang lain, masyarakat, maupun lainnya.
SKPL-P-07	Sistem bisa melihat pemetaan, status KRB dan letak posisi pos pengungsian

**Tabel 9.** Spesifikasi Kebutuhan Non Fungsional

No.	Spesifikasi Kebutuhan Non Fungsional
SKPL-S-01	Sistem ini dibangun berbasis web.
SKPL-S-02	Sistem harus bisa diakses dari sistem operasi Windows, Linux, maupun Mac OS ( <i>multiplatform</i> ).
SKPL-S-03	Sistem ini nantinya dipakai oleh kepala sub bidang evaluasi yang berperan menentukan jalur evakuasi
SKPL-S-04	Link-link di dalam aplikasi yang berhubungan dengan pengolahan data harus melalui proses login yang legal sehingga tidak diijinkan mengakses link tanpa melalui tahapan yang benar.
SKPL-S-05	Aplikasi web yang dibangun diharapkan ringan dan mudah diakses.

## 2.5 Pengujian Sistem

Pengujian menyajikan anomali yang menarik bagi perekayasa perangkat lunak. Pada proses perangkat lunak, perekayasa pertama-tama berusaha membangun perangkat lunak dari konsep abstrak ke implementasi yang dapat dilihat, baru kemudian dilakukan pengujian. Perekayasa menciptakan sederatan *test case* yang dimaksud untuk “membongkar” perangkat lunak yang sudah dibangun. Pada dasarnya pengujian merupakan satu langkah dalam proses rekayasa perangkat lunak yang dapat dianggap (paling tidak secara psikologis) sebagai hal yang destruktif dari pada konstruktif.

Pengujian black-box berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak. Dengan demikian, pengujian black-box memungkinkan perekayasa perangkat lunak mendapatkan serangkaian kondisi input yang sepenuhnya menggunakan semua persyaratan fungsional untuk program. Pengujian black-box berusaha menemukan kesalahan dalam kategori sebagai berikut : [4]

1. Fungsi-fungsi yang tidak benar atau hilang,
2. Kesalahan interface,
3. Kesalahan dalam struktur data atau akses database eksternal,
4. Kesalahan kinerja,
5. Inisialisasi dan kesalahan terminasi.

Pengujian black-box cenderung diaplikasikan selama tahap akhir pengujian, karena pengujian black-box memperhatikan struktur kontrol, maka perhatian berfokus pada domain informasi.

## PENUTUP

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dalam membangun Sistem Informasi Geografis Penentuan Jalur Evakuasi Lahar Gunung Tangkuban Parahu di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Kota ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu disarankan untuk menambah hal – hal yang dapat melengkapinya yang akan datang, diantaranya :

1. Sistem Informasi Geografis yang dibangun dapat dikembangkan dalam fitur juga tampilan yang dapat dibuat lebih menarik serta sistem dapat terintegrasi dengan sistem yang terdapat terdapat pada Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
2. Untuk pengembangan aplikasi ini kedepannya dibutuhkan suatu alat untuk mendeteksi aliran lahar yang kemudian dapat diintegrasikan pada sistem informasi geografis ini.

Demikian saran yang dapat diberikan, semoga saran tersebut bisa dijadikan sebagai masukan yang dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan orang lain yang akan mengembangkan dikemudian hari.

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Alhamdulillah.* Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul, "Penentuan Jalur Evakuasi Lahar Gunung Tangkuban Perahu Menggunakan Metode *Ant Colony* Dengan Pendekatan Sig Di Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Geologi".

Laporan tugas akhir ini sungguh tidak akan mungkin dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dan dukungan dari segala pihak yang ikut andil dalam berbagai aspek selama masa perkuliahan penulis di Universitas Komputer Indonesia. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

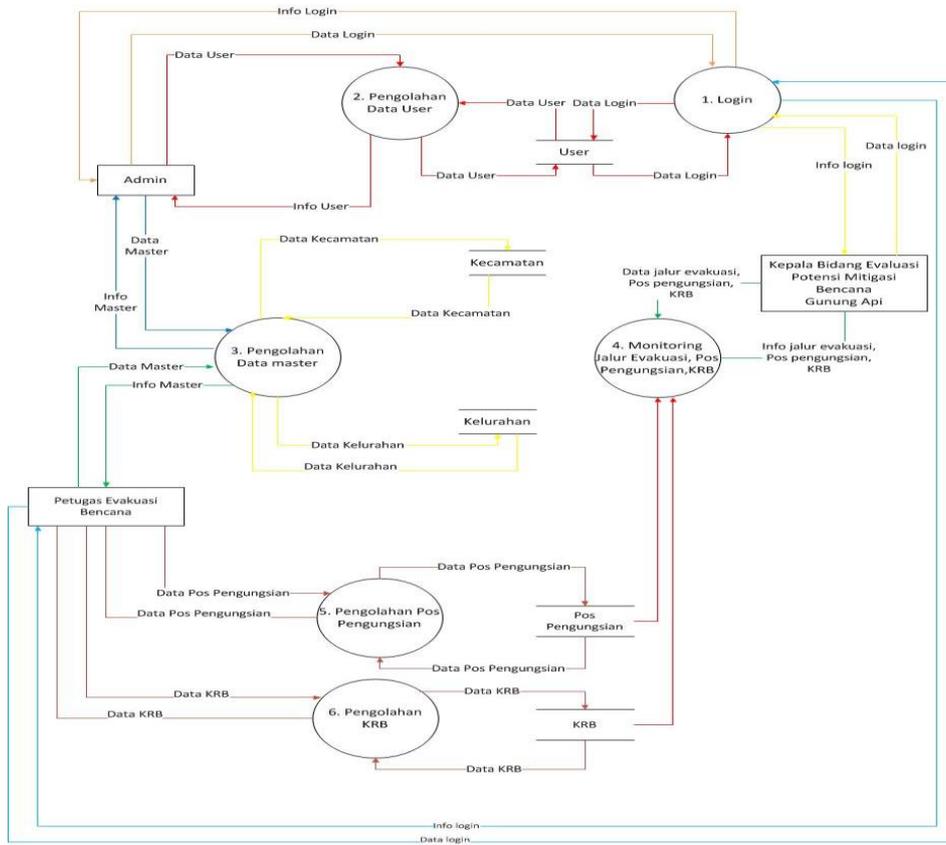
1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya selama masa perkuliahan dan pengerjaan laporan tugas akhir ini. Karunia berupa kemudahan dan kelancaran dalam pengerjaan seperti kesehatan, keuangan, waktu, serta yang terpenting iman dan islam yang *Alhamdulillah* menjadi salah satu faktor penting dalam terselesaikannya laporan tugas akhir ini dengan tepat waktu.
2. Nabi Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi hidup penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dalam keadaan yang *Inshaa Allah* lebih baik daripada ketika saya memulainya.

## DAFTAR PUSTAKA

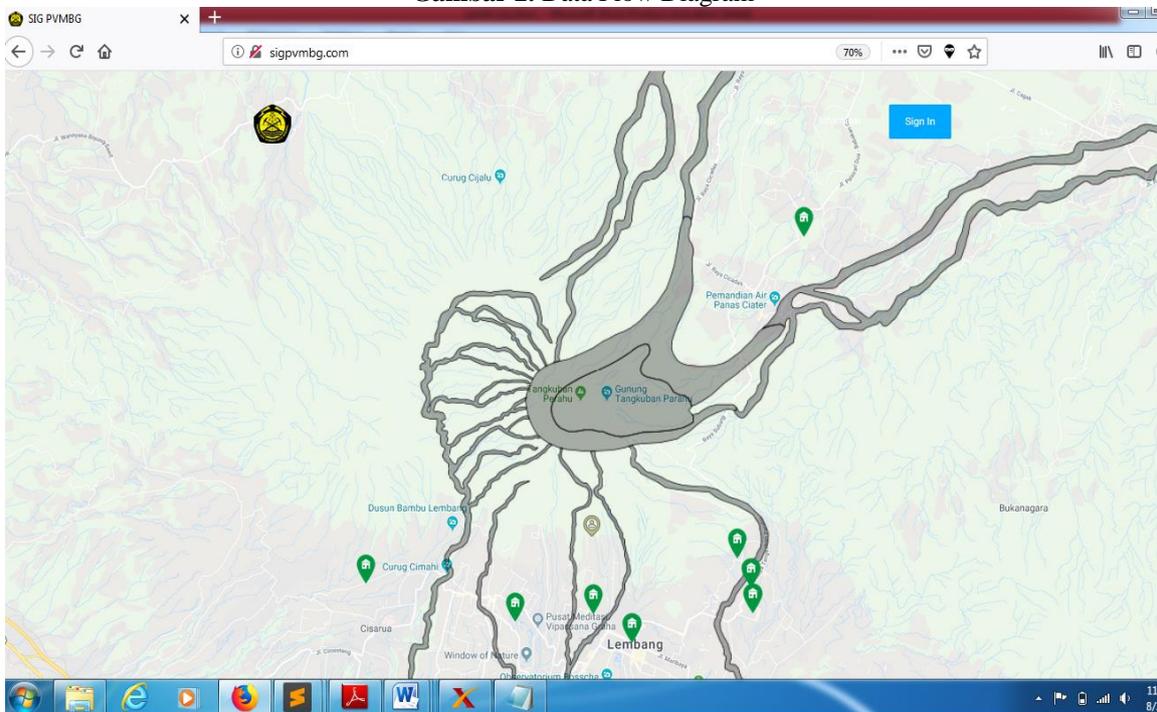
- [1] Adam Abraham Wadamawiwaha. Rini Rachmawati\_rachmawati, Estuning Tyas Wulan Meiestu, 2014.
- [2] Dorigo, M. & Stutzle, T. 2004. *Ant Colony Optimization*. The MIT Press, Massachusetts..
- [3] Solnon, Christine. 2010. *Ant Colony Optimization and Constraint Programming*.

- ISBN :987-1-84821-130-8. England :Wiley.
- [4] Adam Mukharil Bachtiar, Rifky Efendi. Program Studi Teknik Informatika Universitas Komputer Indonesia. Volume. I Nomor. 2, Bulan Oktober 2012 - ISSN :2089-9033.
  - [5] Fransisca Arvevia, Jondri, Anditya Arifianto Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom Vol.2, No.1 April 2015
  - [6] Awang Harizka dan Feddy Setio Pribadi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia.
  - [7] Simarul Yaniah, Bahri Kamal. Vol 6, No 1 2017.
  - [8] Rani Susanto, Anna Dara Andriana, Universitas Komputer Indonesia, Vol.14 No. 1.
  - [9] Agoes S Soedomo, Agus Indra Murti Vol 4, No 1 2015, Institut Teknologi Bandung.
  - [10] Prahasta, Eddy.(2009).Sistem Informasi Geografis Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika). Bandung: Informatika.
  - [11] Profile PVMBG [Online]. Available: <http://www.vsi.esdm.go.id/>.
  - [12] Institute Pertanian Bogor."[online]. Available <https://repository.ipb.ac.id>
  - [13] Pendidikan Siaga Bencana, Pusat Mitigasi Bencana ITB, 2008.
  - [14] J. HM, Analisis & Desain Sistem Informasi, Yogyakarta: Andi, 2016.

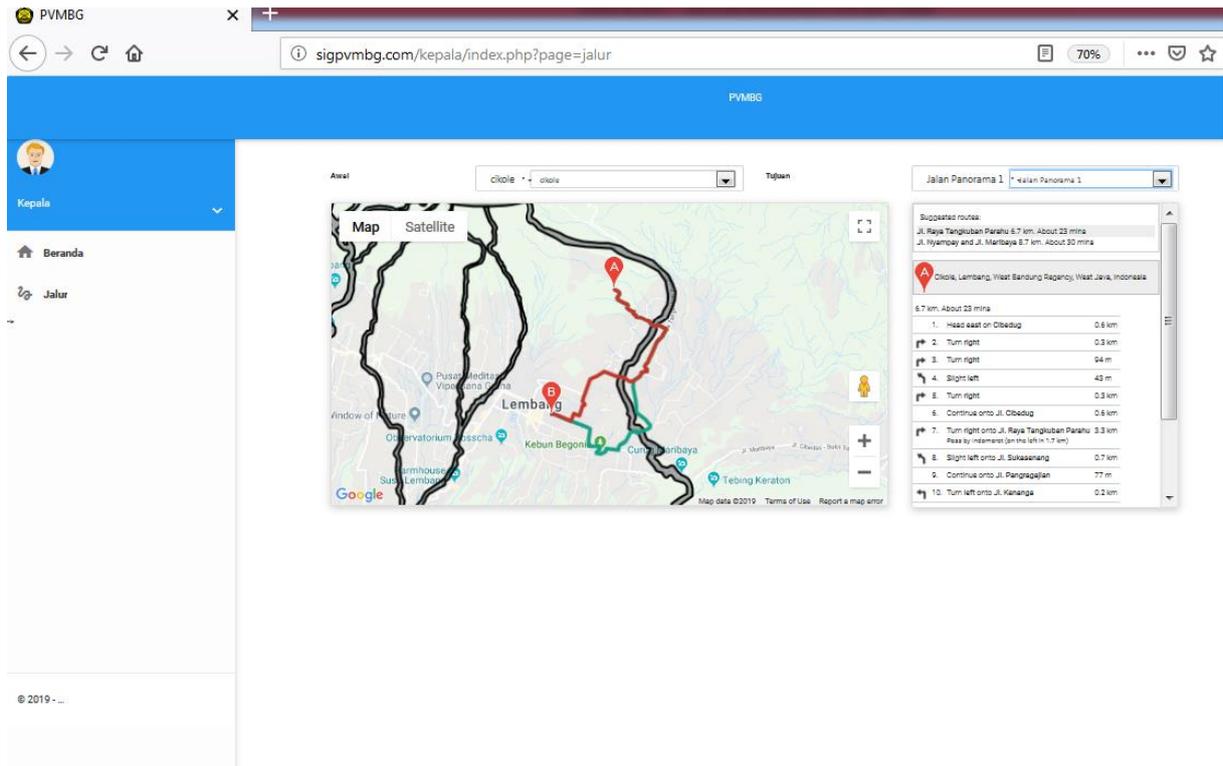
LAMPIRAN



Gambar 2. Data Flow Diagram



Gambar 3. Tampilan menu utama



**Gambar 4.** Tampilan penentuan jalur