

# ANALISIS JALUR EVAKUASI BENCANA BANJIR DI KOTA MANADO

Geraldo Bicky Sahetapy<sup>1</sup>, Ir.Hanny Poli, MSi<sup>2</sup>, &Ir. Suryono, MT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Perencanaan Wilayah & Kota, Jurusan Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi  
<sup>2,3</sup>Staf Pengajar Jurusan Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi

## Abstrak

Kota Manado secara geografi terletak pada bagian utara pulau Sulawesi merupakan daerah yang rentan bencana, seperti tragedi bencana banjir pada awal Tahun 2014 yang telah melanda sebagian besar Provinsi Sulawesi Utara masih menyisakan duka dan juga kerugian besar bagi masyarakat korban bencana banjir. Wilayah yang rentan umumnya terletak di daerah aliran sungai, Oleh karena itu perlu upaya untuk mengantisipasi bencana banjir yang akan muncul dengan menyediakan peta jalur evakuasi dan tempat evakuasi sebagai pedoman dalam pengamanan masyarakat apabila terjadi bencana banjir. Adapun metode yang akan dipakai yaitu analisis jaringan (networkanalysis) dengan ARC GIS 10.3. Hasil akhir dari penelitian ini yaitu peta jalur evakuasi bencana banjir di kota manado. Jalur evakuasi dan tempat evakuasi pada wilayah rawan banjir di Kota Manado tersebar di 10 kecamatan yaitu : Kecamatan Bunaken sebanyak 6 jalur dan 4 tempat evakuasi, Kecamatan Tuminting sebanyak 31 jalur dan 17 tempat evakuasi, Kecamatan Singkil sebanyak 18 jalur dan 10 tempat evakuasi, Kecamatan Wenang sebanyak 16 jalur dan 8 tempat evakuasi, Kecamatan Paal Dua sebanyak 27 jalur dan 18 tempat evakuasi, Kecamatan Mapanget sebanyak 6 jalur dan 3 tempat evakuasi, Kecamatan Tikala 20 jalur dan 13 tempat evakuasi, Kecamatan Sario sebanyak 15 jalur dan 7 tempat evakuasi, Kecamatan Wanea sebanyak 25 jalur dan 22 tempat evakuasi, dan Kecamatan Malalayang sebanyak 8 jalur dan 3 tempat evakuasi.

Kata Kunci: Bencana banjir, SIG, dan Jalur evakuasi

## PENDAHULUAN

Bencana

Banjir merupakan problem yang umum terdapat di beberapa kota besar, seperti Kota Manado yang merupakan pusat ibukota Provinsi Sulawesi Utara.

Tragedi bencana banjir pada awal Tahun 2014 tepatnya pada tanggal 14 Januari yang telah melanda sebagian besar Provinsi Sulawesi Utara terlebih khusus Kota Manado masih menyisakan duka yang mendalam dan juga kerugian yang sangat besar bagi masyarakat korban bencana banjir.

Kerugian-kerugian yang didapatkan sebagai sebuah akibat dari bencana banjir bisa saja disebabkan oleh kurang tanggapnya masyarakat dalam menghadapi bencana banjir yang datang sehingga banyak masyarakat yang tidak tahu harus pindah atau mengungsi kemana dan akhirnya resiko yang diambil yaitu menetap di rumah yang rawan tergenang banjir. Ketidaktahuan masyarakat akan tempat pengungsian ini juga diakibatkan dengan tidak

adanya rute jalur evakuasi bencana banjir. Oleh karena itu perlu adanya sebuah rancangan atau perencanaan sebelumnya dalam hal mengurangi kerugian yang dapat terjadi. Usaha untuk mengurangi dampak tersebut dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, misalnya, sosialisasi daerah rawan bencana kepada masyarakat, upaya-upaya simulasi tanggap bencana bagi penduduk daerah rawan bencana, atau dapat menggunakan perkembangan teknologi yang ada dalam merancang perencanaan tersebut.

Saat modern ini, teknologi berbasis komputer telah merambah di hampir seluruh sisi kehidupan manusia. Berbagai disiplin ilmu telah memanfaatkan teknologi ini untuk mengembangkan teori-teori dan aplikasinya melalui berbagai macam sistem informasi. Salah satu jenis sistem informasi yang saat ini sangat populer, khususnya dalam survei pemetaan adalah Sistem Informasi Geografis yang kemudian disebut SIG. SIG telah dimanfaatkan oleh berbagai instansi

pemerintah maupun swasta untuk keperluan perencanaan, pemantauan, hingga evaluasi hasil-hasil pembangunan. SIG menjadi alat yang sangat berguna bagi peneliti, pengelola, pengambil keputusan untuk membantu memecahkan permasalahan, menentukan pilihan atau membuat kebijakan keruangan melalui metode analisis data peta dengan memanfaatkan teknologi komputer. Sebagai salah satu jenis sistem informasi yang populer saat ini dibidang pemetaan, maka SIG dapat digunakan dalam pemberian informasi jalur evakuasi bencana. Sehingga masyarakat dapat mengetahui dimana saja daerah-daerah aman untuk mengungsi disaat terjadi bencana alam. Berdasarkan permasalahan diatas, maka masyarakat dan pemerintah membutuhkan informasi berupa jalur evakuasi bencana banjir dan titik tempat evakuasi bencana banjir sebagai pedoman sebelum terjadi bencana atau pra bencana banjir. Karena kurangnya informasi untuk jalur evakuasi yang aman dan tempat evakuasi bagi para korban banjir, maka penulis tertarik untuk melakukan suatu penelitian dengan menggunakan salah satu aplikasi SIG yaitu *network analysis* atau analisis jaringan. Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk membuat pemetaan tempat evakuasi bencana banjir dan jalur evakuasi bencana banjir di Kota Manado dengan memanfaatkan teknologi sistem informasi geografi (SIG).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Bencana

Dalam UU No 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, bencana mempunyai definisi sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

### Banjir

Banjir mengandung pengertian aliran air sungai yang tingginya melebihi muka air

normal sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan adanya genangan pada lahan rendah disisi sungai. Aliran air limpasan tersebut yang semakin meninggi, mengalir dan melimpasi muka tanah yang biasanya tidak dilewati aliran air.

Bencana banjir merupakan peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis (Mistra, 2007).

### Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi adalah lintasan yang digunakan sebagai pemindahan langsung dan cepat dari orang-orang yang akan menjauh dari ancaman atau kejadian yang dapat membahayakan bahaya (Abrahams, 1994). Ada dua jenis evakuasi yang dapat dibedakan yaitu evakuasi skala kecil dan evakuasi skala besar. Contoh dari evakuasi skala kecil yaitu penyelamatan yang dilakukan dari sebuah bangunan yang disebabkan karena ancaman bom atau kebakaran. Contoh dari evakuasi skala besar yaitu penyelamatan dari sebuah daerah karena banjir, letusan gunung berapi atau badai. Dalam situasi ini yang melibatkan manusia secara langsung atau pengungsi sebaiknya didekontaminasi sebelum diangkut keluar dari daerah yang terkontaminasi. Dalam modul Siap Siaga Bencana Alam (2009:36) dikemukakan syarat-syarat jalur evakuasi yang layak dan memadai tersebut adalah:

- a. Keamanan Jalur  
Jalur evakuasi yang akan digunakan untuk evakuasi haruslah benar-benar aman dari benda-benda yang berbahaya yang dapat menimpa diri.
- b. Jarak Tempuh Jalur  
Jarak jalur evakuasi yang akan dipakai untuk evakuasi dari tempat tinggal semula ketempat yang lebih aman haruslah jarak yang akan memungkinkan cepat sampai pada tempat yang aman.
- c. Kelayakan Jalur  
Jalur yang dipilih juga harus layak digunakan pada saat evakuasi sehingga tidak menghambat proses evakuasi.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian berupa analisis jalur-jalur evakuasi bencana banjir dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi yang dibagi ke dalam tahap-tahap utama yaitu: pembangunan basis data dan analisis data, yang diawali dengan pengumpulan data, peta pendukung, dan studi pustaka.

### Tahap Analisis

Pada tahap ini terdapat tahapan pekerjaan untuk menghasilkan jalur evakuasi bencana banjir. Pertama, analisa untuk menentukan tempat evakuasi di tiap kecamatan. Kedua, analisa untuk menentukan jalur evakuasi menuju tempat-tempat yang telah ditentukan berdasarkan jaringan jalan, jaringan sungai, daerah rawan banjir, kemiringan lereng. Kedua tahapan ini akan di analisa menggunakan metode analisis jaringan (*Network Analyst*).

#### 1. Analisa Penentuan Tempat Evakuasi

Dalam proses penentuan ini digunakan beberapa data spasial sebagai indikator dalam menganalisa tempat evakuasi yaitu peta penggunaan lahan yang berfungsi untuk melihat kenampakan persebaran area permukiman agar dapat disesuaikan dengan pemilihan jalur. Peta kemiringan lereng juga digunakan dalam proses analisa penentuan tempat evakuasi, dimana peta ini digunakan untuk melihat karakteristik dari relief suatu daerah (titik elevasi) sehingga dapat dituju oleh korban bencana banjir.

#### 2. Analisa Penentuan Jalur Evakuasi

Dengan menggunakan data spasial (peta rawan banjir, peta jaringan jalan, peta jaringan sungai dan data kemiringan lereng) untuk dijadikan dasar dalam menganalisa penentuan jalur evakuasi bencana banjir di Kota Manado. Dalam penentuan jalur evakuasi, ada beberapa faktor yang dapat digunakan dalam mempertimbangkan pemilihan jalur evakuasi bencana banjir di Kota Manado. Faktor-faktor pertimbangan pemilihan jalur evakuasi banjir adalah sebagai berikut :

- Jalur yang dipilih merupakan jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal.
- Jalur evakuasi dirancang menjauhi aliran sungai.

- Jalur evakuasi tidak melintangi sungai atau jembatan.
- Sudut kemiringan lereng lebih dari 4%.
- Untuk daerah berpenduduk padat, dirancang jalur evakuasi berupa sistem blok, dimana pergerakan masa setiap blok tidak tercampur dengan blok lainnya untuk menghindari kemacetan.

*Network Analyst* secara umum adalah pemodelan transportasi makroskopis untuk melihat hubungan antar obyek yang dihubungkan oleh jaringan transportasi. Dalam kaitannya dengan pengembangan alternatif jalur evakuasi bencana banjir, tools yang dapat digunakan dalam penelitian ini yaitu *route analyst*. Dengan bantuan *route analyst* dapat ditentukan jalur optimal evakuasi korban bencana banjir di Kota Manado. Penentuan jalur ini bisa berdasarkan jarak tempuh ataupun waktu tempuh terkecil dan pengaturan-pengaturan user sesuai yang diinginkan. Untuk melakukan *route analyst* ini variabel utamanya adalah jaringan jalan yang menurut wilayah studi adalah jalan Kota Manado dengan atribut lengkap, mulai dari arteri, kolektor maupun lokal.

Secara garis besar tahapan dalam *Network Analysis* untuk penyusunan data spasial jalur evakuasi bencana banjir terdiri dari 2 tahap yaitu :

1. *Geodatabase*.
2. *Route Analyst*

Uraian secara rinci kedua tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

Tahap pertama, *Network Analysis* ialah mempersiapkan data yang akan digunakan karena data GIS standar dalam bentuk shapefile tidak dapat langsung digunakan sebagai input, akan tetapi harus diubah ke dalam format khusus. Pada ArcGis, format data yang dapat digunakan untuk proses *Network Analysis* ialah format Geodatabase. Setelah data dalam bentuk Shapefile diubah menjadi geodatabase, langkah berikutnya ialah membuat Network Dataset dimana kita bisa mensetting data dan parameter yang digunakan untuk Network Analysis. Berikut ini adalah langkah-langkah penyusunan file database :

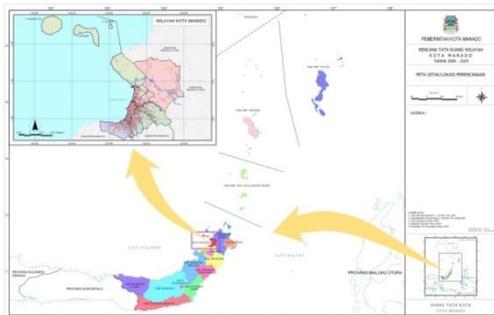
1. Klik ikon *ArcCatalog*

2. Pilih folder yang dibutuhkan (folder sesuai dengan tempat penyimpanan *user*)
  3. Buat *Geodatabase* baru dengan tipe File Geodatabase (format *Shapefile* harus diubah ke format yang baru yaitu *Geodatabase*) yaitu dengan cara klik kanan pada ruang yang kosong dan pilih New – File *Geodatabase*
  4. Lalu Rename file tersebut dengan nama “Jalan Manado”
  5. Lalu, klik kanan pada file Geo-Database baru tersebut, pilih New – Feature Dataset
  6. Tuliskan “Jalan” pada kolom isian nama New Feature Dataset, lalu klik Next.
  7. Pilih Projected Coordinate Systems – UTM – WGS 1984
  8. Lalu pada WGS 1984, pilih Zone 51N. Lalu, klik Next. Klik Next lagi.
  9. Lalu, Finish. Kemudian akan muncul tampilan file Jalan dengan type File Geodatabase Feature Dataset.
  10. Langkah selanjutnya yaitu klik kanan pada Jalan dengan type File Geodatabase Feature Dataset lalu pilih Import – Feature Class (single)
  11. Add Input Features dengan cara buka folder sebelumnya lalu pilih Jalan.shp, setelah diklik maka Field Map (optional) dengan otomatis akan terisi.
  12. Untuk Output Feature Class, isikan “jalan” didalamnya. Setelah itu OK.
  13. Lalu, klik kanan di ruang kosong, pilih New – Network Dataset
  14. Ketik “Jalan” lalu klik Next. Lalu, klik Next lagi.
  15. Selanjutnya, akan muncul tampilan New Network Dataset. Klik Next. Klik Next. Klik Next. Lalu muncul tampilan New Network Dataset yang mengharuskan kita mengisi Specify the attributes for the network dataset, dengan cara klik Add lalu lengkapi Add New Attribute yang ada diantaranya isikan Travel Time pada kolom Name, Cost untuk Usage Type, Minutes untuk Units dan Double untuk Data Type, lalu klik OK.
  16. Lalu klik Evaluators yang berada di sudut kanan bawah.
  17. Lalu, pilih “Field” untuk masing-masing Type. Begitupun untuk Value.
  18. Untuk Value jalan dengan Direction From – To, pilih FT dan pilih TF untuk Direction To – From. Lalu, OK. Lalu klik Next. Klik Next.
  19. Setelah muncul tampilan Summary, kemudian klik Finish. Pilih, Yes.
  20. Maka, tahapan Building the Network Dataset (dengan menggunakan ArcCatalog) telah berhasil.
- Tahap kedua, *route analyst* dapat menentukan rute optimal dimana terdapat dua atau lebih titik yang harus dilewati. Penentuan rute optimal tersebut dapat berdasarkan jarak, waktu ataupun indikator lainnya. Hasil analisis rute yaitu memberikan informasi semua rute yang mungkin dari jalan (*start*) menuju jalan lain (*finish*) dengan batasan jarak tertentu dan jumlah frekuensi jalan yang dilalui. Berikut ini adalah langkah-langkah penyusunan *route analyst* :
1. Pada ArcMap, pilih add data
  2. Pilih shapefile, Lokasi Banjir dan Lokasi Titik Evakuasi. Lalu klik Add.
  3. Selanjutnya, klik Add Data. Pilih Jalan Manado.gdb (*double click*) – Jalan – Jalan. Lalu, pilih Add.
  4. Klik Network Analyst – pilih New Route.
  5. Pilih simbol *Create Network Location Tool*. Tujuannya ialah untuk menambah titik secara manual.
  6. Tambahkah dua titik secara manual dari titik awal jalan, pada lokasi banjir dan titik akhir pada lokasi titik evakuasi. (Proses ini dilakukan untuk penentuan satu jalur evakuasi saja dan untuk penentuan jalur evakuasi yang lain dapat menggunakan proses yang sama)
  7. Setelah selesai memilih dua titik secara manual, klik Route Properties.
  8. Pada tampilan untuk Accumulation. Centang/Check Leght. Lalu, Apply.
  9. Centang/Check Middle dan End pada Name: Jalan. Lalu, OK.
  10. Langkah selanjutnya ialah klik Solve.
  11. Maka, diperoleh rute optimal.
  12. Langkah diatas outputnya belum berupa data shp jalur evakuasi, sehingga perlu dilakukan proses digitasi kembali untuk memperoleh file shp jalur evakuasi.
  13. Pada toolbar pilih editor, pilih start editing.

14. Tampilan start editing, kemudian pilih jalur evakuasi, lalu ok.
15. Pada toolbar editor pilih trace untuk digitasi secara otomatis mengikuti garis rute.
16. Pada toolbar editor pilih save edit, lalu stop editing.
17. Selesai, Hasil digitasi berupa shapefile jalur evakuasi.

### Lokasi Penelitian

Kota Manado terletak di antara  $1^{\circ} 30'$  -  $1^{\circ} 40'$  Lintang utara dan  $124^{\circ} 40'$  -  $126^{\circ} 50'$  Bujur Timur. Batas wilayah Kota Manado, adalah: Sebelah Utara dengan: Kec. Wori (Kab. Minahasa Utara) & Teluk Manado; Sebelah Timur dengan : Kec. Dimembe (Kab. Minahasa Utara) dan Kec. Pineleng (Kab. Minahasa); Sebelah Selatan dengan: Kec. Pineleng (Kab. Minahasa); dan Sebelah Barat dengan : Teluk Manado/Laut Sulawesi. Secara administratif Kota Manado terbagi atas sebelas kecamatan dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2012 luas Kota Manado adalah 15.726 Ha.



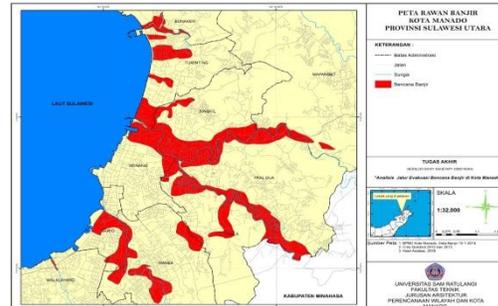
Gambar 1. Peta letak Lokasi Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Lokasi Rawan Banjir

Administratif Kota Manado terbagi atas sebelas kecamatan dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2012 luas Kota Manado adalah 15.726 Ha. Berdasarkan data peta wilayah banjir yang di peroleh dari BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kota Manado dan Dokumen RTRW Kota Manado 2014-2034, penulis telah melakukan proses pengamatan dan analisa

data tentang wilayah rawan banjir Kota Manado yang akan menjadi peta acuan penelitian ini (Peta Rawan Banjir Kota Manado).



Gambar 2. Peta Rawan Bencana Banjir Kota Manado

### Lokasi Tempat Evakuasi Bencana Banjir

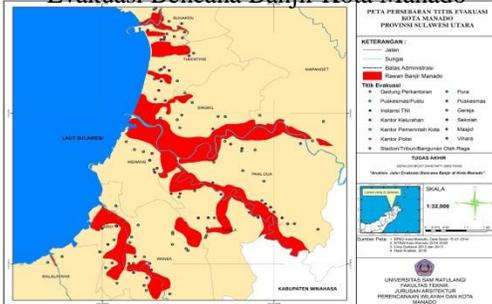
Langkah awal penentuan lokasi tempat evakuasi adalah mengidentifikasi sebaran permukiman Kota Manado dari peta citra sebelum ke lapangan. Unsur sebaran permukiman digunakan untuk mengetahui permukiman yang rentan terhadap banjir. Langkah selanjutnya adalah verifikasi hasil interpretasi dengan melaksanakan uji lapangan (*ground truth*). Hasil verifikasi digunakan untuk pembaharuan data permukiman. Pembaharuan data jalan dilakukan berdasarkan Peta Jaringan Jalan dan pemetaan tempat evakuasi.

Dalam penentuan lokasi tempat evakuasi, data yang dipakai sebagai acuan yaitu data sekunder berupa peta persebaran fasilitas publik Kota Manado, peta rawan banjir Kota Manado, peta jaringan jalan Kota Manado, dan peta jaringan sungai Kota Manado. Keempat data tersebut berupa *shapefile* tematik agar mempermudah analisis dalam penentuan tempat evakuasi yang dianggap memenuhi kriteria dari segi aksesibilitas, ketersediaan jumlah MCK, kapasitas daya tampungnya, dan kedekatan dengan sumber pengungsi.

Evakuasi pada dasarnya adalah memindahkan penduduk dari daerah berbahaya ke daerah yang aman. Untuk itu dalam penentuan tempat evakuasi harus dipilih lokasi yang aman dari banjir. Lokasi yang aman dari banjir di Kota Manado adalah wilayah yang di luar kawasan rawan banjir. Tempat evakuasi dalam penelitian ini adalah fasilitas publik yang

dianggap memenuhi kriteria dari segi aksesibilitas, ketersediaan jumlah MCK, kapasitas dayaampungnya, dan kedekatan dengan sumber pengungsi.

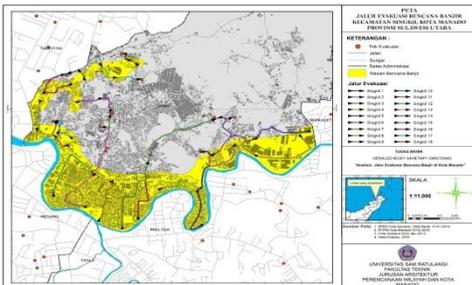
Gambar 3. Peta Persebaran Tempat Evakuasi Bencana Banjir Kota Manado



## Penentuan Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kota Manado

### 1. Kecamatan Singkil

Kecamatan Singkil memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 149,51 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 5.906 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 29.530 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi bencana banjir yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 18 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Singkil.

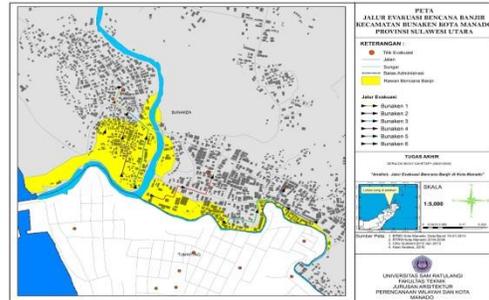


Gambar 4. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Singkil

### 2. Kecamatan Bunaken

Kecamatan Bunaken memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 15,61 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 413 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 2.065 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route*

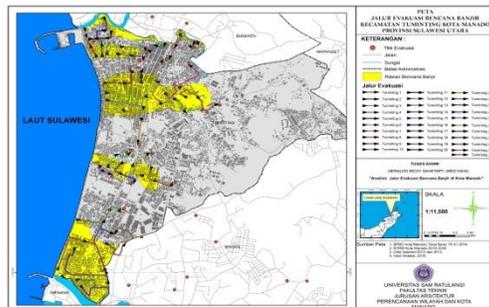
*analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 6 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Bunaken.



Gambar 5. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Bunaken

### 3. Kecamatan Tuminting

Kecamatan Tuminting memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 88,22 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 3.914 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 19.570 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 31 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Tuminting.

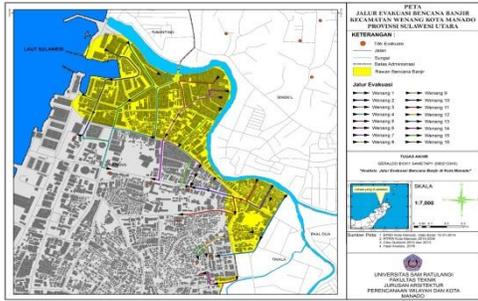


Gambar 6. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Tuminting

### 4. Kecamatan Wenang

Kecamatan Wenang memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 62,61 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 2.082 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 10.410 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 16 jalur evakuasi yang berada di

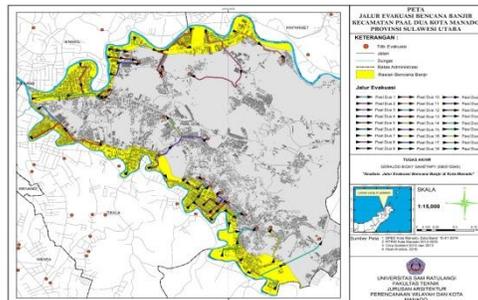
Kecamatan Wenang.



Gambar 7. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Wenang

5. Kecamatan Paal Dua

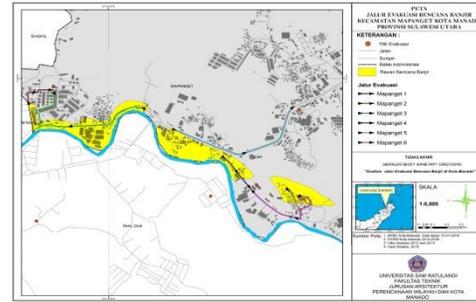
Kecamatan Paal Dua memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 187,83 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 3.549 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 17.745 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 27 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Paal Dua.



Gambar 8. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Paal Dua

6. Kecamatan Mapanget

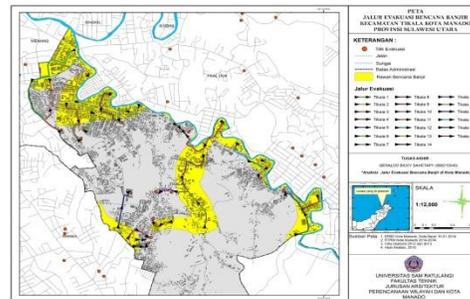
Kecamatan Mapanget memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 26,04 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 334 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 1.670 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 6 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Mapanget.



Gambar 9. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Mapanget

7. Kecamatan Tikala

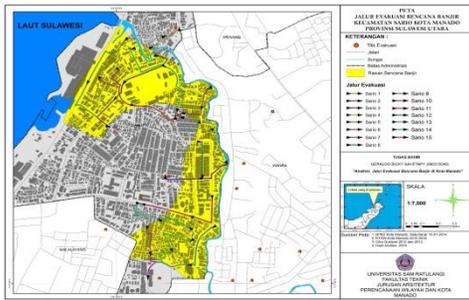
Kecamatan Tikala memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 112,9 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 2.281 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 11.405 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 20 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Tikala.



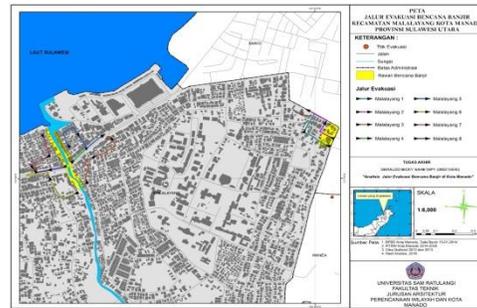
Gambar 10. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Tikala

8. Kecamatan Sario

Kecamatan Sario memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 67,02 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 1.816 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 9.080 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 15 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Sario.



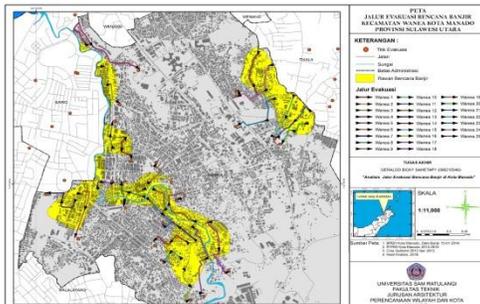
Gambar 11. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Sario



Gambar 13. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Malalayang

### 9. Kecamatan Wanea

Kecamatan Wanea memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 107,25 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 2.641 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 13.205 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 25 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Wanea.



Gambar 12. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kecamatan Wanea

### 10. Kecamatan Malalayang

Kecamatan Malalayang memiliki wilayah rawan banjir dengan luas 2,79 Ha dengan jumlah bangunan terdampak sebanyak 127 bangunan dan penduduk terdampak sebanyak 635 orang. Berdasarkan hasil analisis jalur-jalur evakuasi yang telah melalui proses *route analyst* dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan jalur evakuasi, telah ditentukan 8 jalur evakuasi yang berada di Kecamatan Malalayang.

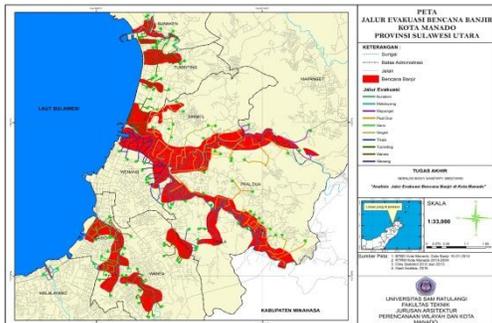
## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- Berdasarkan hasil analisa, wilayah rawan banjir hanya terdapat pada 10 Kecamatan dari 11 Kecamatan yang berada di Kota Manado.
- Penentuan jalur evakuasi pada Kecamatan Bunaken sebanyak 6 jalur evakuasi, Kecamatan Tuminting sebanyak 31 jalur evakuasi, Kecamatan Singkil sebanyak 18 jalur evakuasi, Kecamatan Wenang sebanyak 16 jalur evakuasi, Kecamatan Paal Dua sebanyak 27 jalur evakuasi, Kecamatan Mapanget sebanyak 6 jalur evakuasi, Kecamatan Tikala 20 jalur evakuasi, Kecamatan Sario sebanyak 15 jalur evakuasi, Kecamatan Wanea sebanyak 25 jalur evakuasi, dan Kecamatan Malalayang sebanyak 8 jalur evakuasi. Bisa dilihat pada Gambar 14. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kota Manado.
- Penentuan tempat evakuasi pada Kecamatan Bunaken sebanyak 4 tempat evakuasi, Kecamatan Tuminting sebanyak 17 tempat evakuasi, Kecamatan Singkil sebanyak 10 tempat evakuasi, Kecamatan Wenang sebanyak 8 tempat evakuasi, Kecamatan Paal Dua sebanyak 18 tempat evakuasi, Kecamatan Mapanget sebanyak 3 tempat evakuasi, Kecamatan Tikala 13 tempat evakuasi, Kecamatan Sario sebanyak 7 tempat evakuasi, Kecamatan Wanea sebanyak 22 tempat evakuasi, dan Kecamatan Malalayang sebanyak 3 tempat evakuasi. Bisa dilihat pada

Gambar 14. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kota Manado.

- Kapasitas jalur evakuasi pada tiap Blok Kecamatan Singkil masih ada yang belum memenuhi kebutuhan untuk bisa mengevakuasikan sesuai jumlah penduduk terdampak yaitu blok 2, blok 4, blok 5 dan blok 6.
- Kapasitas tempat evakuasi pada tiap Blok Kecamatan Singkil belum memenuhi kebutuhan untuk bisa menampung korban sesuai jumlah penduduk terdampak yang akan dievakuasi.



Gambar 14. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir Kota Manado

### Daftar Pustaka

- Anonim, Dep PU. 1994. *Teknologi Pengendalian Banjir di Indonesia*. Direktorat Sungai, Ditjen Pengairan
- Anonim. 2007. *Pedoman Penanggulangan Banjir Tahun 2007-2008*. Jakarta: Bakornas PB.
- \_\_\_\_\_. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2010). *Bencana* (diunduh dari: [www.bnpb.go.id](http://www.bnpb.go.id))
- \_\_\_\_\_. Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana
- Abrahams, John. (1994). *Fire Escape in Difficult Circumstances Design Against Fire*. United State Of America.
- Arifin, Yuyu Indriati, dan Muh. Kasim. 2012. *Laporan Penelitian Pemetaan Zonasi Banjir Kota Gorontalo Untuk Mitigasi Bencana*. Gorontalo. Universitas Negeri Gorontalo-Lembaga Penelitian.
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information System: A Management Perspective*. Canada, Ottawa: WDL Publication.
- Barus B dan U.S Wiradisastra. 2000. "Sistem Informasi Geografi Sebagai Sarana Manajemen Sumberdaya". Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Budiarjo, A. (2006). *Evacuation Shelter Building Planning for Tsunami-prone Area; a Case Study of Meulaboh City, Indonesia*.- Master thesis, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede 112pp
- Burrough, P.A., 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford: Clarendon.
- Carter, W. N. 1991. *Disaster Management: A Disaster Manager's Handbook*. Manila: ADB.
- Dibyosaputro, Suprpto. 1998. *Penanggulangan Bencana Banjir*. Jakarta.
- [FEMA] Federal Emergency Management Agency (2008). *Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis*, FEMA P646, June.
- Haryadi, dkk. 2007. *Pedoman Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami*. Jakarta: Kementrian Negara Riset dan Teknologi.
- Juppenlatz, Morris dan Xiaoping Tian. 1996. *Geographic Information Systems and Remote Sensing*. Mc Graw-Hill Book Company. Sidney.
- Kodoatie. R. J. 2013. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*; Jogjakarta; Penerbit Andi.
- Ma'mun. 2007. *Mengurai Ancaman Banjir Jakarta*. Jakarta: Pustaka Cerdasindo.
- Mistra. 2007. *Antisipasi Rumah di Daerah Rawan Banjir*. Jakarta: Griya Kreasi.
- Mulyanto, Argo. 2008. *Pengembangan Model SIG untuk Menentukan Rute Evakuasi Bencana Banjir (studi kasus: kec. Semarang barat, kota Semarang)*. Semarang. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

- Prahasta, Eddy. 2001. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung :Informatika.Purbowaseso, B. 1995.
- Puntodewo, A, S. Dewi dan J. Tarigan. 2003. "Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam". CIFOR. Bogor.
- Santoso, Hanif dan Muhammad Taufik. 2009. *Studi Alternatif Jalur Evakuasi Bencana Banjir Dengan Menggunakan Teknologi SIG di Kabupaten Situbondo*. Jurnal. Surabaya 60111. Program Studi Teknik Geomatika ITS, Kampus ITS Sukolilo.
- Setiyarso.2009. *Studi Reaksi Manusia Terhadap Bahaya Banjir Kota Surakarta*.Skripsi.Surakarta : Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan
- Syanet Renwarin.2014. *Pemetaan Wilayah Rawan Banjir di Kota Manado dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis* [skripsi]. Manado: Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi.
- Utomo W. Y. 2004. *Pemetaan Kawasan Berpotensi Banjir di DAS Kaligarang Semarang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis* [skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Yulaelawati, Ella dan Usman Shihab. 2008. *Mencerdasi Bencana*. Jakarta : PT.Grasindo.