

**APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
PENENTUAN JALUR EVAKUASI BENCANA BANJIR
LUAPAN SUNGAI BENGAWAN SOLO DI KOTA
SURAKARTA**

PUBLIKASI ILMIAH

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Mencapai
Derajat Sarjana S-1 Program Studi Geografi



Oleh:

SRI HARSINI

NIM: E 100 090 024

**FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2014

HALAMAN PENGESAHAN
PUBLIKASI ILMIAH

APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
UNTUK PENENTUAN JALUR EVAKUASI BENCANA BANJIR LUAPAN
SUNGAI BENGAWAN SOLO DI KOTA SURAKARTA

Sri Harsini

E 100090024

Telah dipertahankan di depan Team Penguji pada

Hari, Tanggal : Selasa, 3 Juni 2014

Dan Telah dinyatakan memenuhi syarat

Tanda Tangan

Pembimbing I : Drs. Yuli Priyana, M.Si

(.....)

Pembimbing II: Jumadi,S.Si, M.Sc

(.....)

Surakarta, 16 Juni 2014

Dekan

Fakultas Geografi UMS,



Drs. Priyono, M. Si

APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENENTUAN JALUR EVAKUASI BENCANA BANJIR LUAPAN SUNGAI BENGAWAN SOLO DI KOTA SURAKARTA

Aplication of Geography Information System for determining evacuation route of flood disaster overflowing Bengawan Solo River in Surakarta City

Oleh:

Sri Harsini*, Yuli Priyana, Jumadi

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A.Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417

Psw 151-153, Fax: (0271) 715448

*sri.harsini91@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to map the flood evacuation route in Surakarta with Geographic Information Systems. The data collection was done by interpretation Quickbird image Surakarta in 2010, secondary data digitizing, and field checks. Analysis of the data by the method of Least Cost Path to produce an effective evacuation routes and qualitative descriptive analysis is used to explain the resulting evacuation route. Location of the research was done in Surakarta which where the region be passed Bengawan Solo River and the region of affected simulation modeling flood of Bengawan Solo River, which was conducted in March 2014. Least cost path analysis resulting two evacuation routes in the Sewu Village and two evacuation routes in the Jebres Village. In the Sewu Village can go to the evacuation place Jami' Mosque and Sawunggaling Mosque, being in the Jebres Village can go to the evacuation place of Al- Fath Mosque.

Keywords : *Evacuation route , Least Cost Path*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan melakukan pemetaan jalur evakuasi bencana banjir di Kota Surakarta dengan Sistem Informasi Geografis. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan interpretasi Citra Quickbird Kota Surakarta tahun 2010, digitasi data sekunder, dan cek lapangan. Analisa data dengan metode Leas Cost Path untuk menghasilkan jalur evakuasi yang efektif dan analisa deskriptif kualitatif digunakan untuk menjelaskan jalur evakuasi yang dihasilkan. Lokasi penelitian dilakukan di Kota Surakarta yang wilayahnya terlewati Sungai Bengawan Solo dan terkena pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo, yang dilakukan pada bulan Maret 2014. Hasil analisis least cost path memperoleh dua jalur evakuasi di Kelurahan Sewu dan dua jalur evakuasi di Kelurahan Jebres. Di Kelurahan sewu dapat menuju tempat evakuasi Masjid Jami' dan Masjid Sawunggaling, sedang di Kelurahan Jebres dapat menuju tempat evakuasi Masjid Al- Fath.

Kata Kunci: *Jalur Evakuasi, Least Cost Path*

PENDAHULUAN

Kota Surakarta terletak diantara 3 gunung api yaitu sebelah Timur Gunung Lawu dan sebelah Barat Gunung Merapi dan Merbabu, dan dibagian timur dilalui oleh Sungai Bengawan Solo (Suharjo, 2006 dalam Anna, dkk 2012) mengakibatkan Wilayah Kota Surakarta berada pada cekungan di tambah berdasarkan hasil interpretasi citra

diperoleh sungai purba Bengawan Solo yang sudah menjadi lembah berkelok-kelok secara alamiah berpotensi rawan banjir (Anna, dkk, 2012).

Berdasarkan sejarah peristiwa Kota Surakarta sering mengalami bencana banjir rutin tiap tahunnya yang menimbulkan kerugian besar. Dari masa yang lalu telah tercatat berkali-kali banjir yang pernah terjadi di Kota Surakarta. Sejarah mencatat

banjir besar yang cukup berarti pada masa yang lalu sampai sekarang, yaitu yang terjadi pada bulan Maret 1966, Maret 1968, Maret 1973, Februari 1974, Maret 1975, Januari 1982, Desember 2007, Pebruari 2009 (Prasetyo, 2009).

Berdasarkan data dari Balai Besar Wilayah Sungai Kota Surakarta wilayah yang paling banyak tergenang selama tahun 2009 adalah Kampung Sewu kecamatan Jebres yaitu 1215 KK tergenang banjir. Sementara selama tahun 2012 yang paling banyak tergenangi adalah Pucangsawit Kecamatan Jebres yaitu 1019 rumah tergenang banjir.

Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk meminimalisir jumlah korban jiwa pada saat terjadi banjir adalah dengan perencanaan jalur evakuasi yang efektif. Berdasarkan informasi dari SAR UNS jalur evakuasi bencana banjir yang ada di Kota Surakarta masih berupa rute deskriptif untuk itu perlu adanya pemetaan jalur evakuasi bencana banjir yang efektif, setidaknya penduduk yang menjadi korban banjir akan terbantu dalam menemukan rute jalan untuk menuju ke tempat yang aman paling dekat dan cepat.

Banjir dibagi menjadi dua yaitu: pertama, peristiwa tergenangnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat, dan kedua yakni peristiwa meluapnya air dipermukaan yang terjadi akibat limpasan air dari sungai karena debit banjir tidak mampu dialirkan oleh alur sungai atau debit banjir lebih besar daripada kapasitas pengaliran sungai yang ada (Kodoatie dan Sugiyanto, 2001).

Banjir adalah meluapnya aliran sungai akibat air melebihi kapasitas tampungan sungai sehingga meluap dan menggenangi dataran atau daerah yang lebih rendah disekitarnya (Yulaelawati dan Syihab, 2008 dalam Triwidiyanto, 2013).

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (pasal 1 ayat 6 PP No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana).

Mitigasi bencana adalah segala upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak dari bencana baik yang dilakukan sebelum terjadinya bencana, termasuk upaya kesiapsiagaan, dan tindakan jangka panjang untuk mengurangi risiko bencana (Coburn et.al, 1994 dalam Triwidiyanto, 2013).

Kesiapsiagaan (*preparedness*) adalah aktivitas-aktivitas dan langkah-langkah yang diambil sebelumnya untuk memastikan respons yang efektif terhadap dampak bahaya, termasuk dengan mengeluarkan peringatan dini yang tepat dan efektif dan dengan memindahkan penduduk dan harta benda untuk sementara dari lokasi yang terancam dalam hal ini bisa diimplementasikan dengan adanya tim siaga, standar operasional tetap yang berkaitan dengan pengurangan risiko bencana dan rencana aksi komunitas yang berkaitan dengan kegiatan-kegiatan pengurangan risiko bencana (ISDR, 2004 dalam Triwidiyanto 2013).

Konsep evakuasi secara sederhana adalah memindahkan penduduk dari daerah berbahaya ke daerah yang aman (Southworth, 1991, Zelinsky dan Konsinsky, 1991 dalam Mei, 2013).

Jalur evakuasi bencana merupakan informasi fundamental yang dibutuhkan di daerah rawan bencana. Skenario evakuasi perlu didukung kesiapan pemerintah dan masyarakat di daerah rawan banjir sebagaimana tercatat dalam UU No. 24 Tentang penanggulangan bencana.

Perencanaan jalur evakuasi termasuk ke dalam tahap kesiapsiagaan sebelum terjadinya bencana banjir. Jalur evakuasi perlu direncanakan agar pada saat terjadinya banjir evakuasi korban akan lebih efektif untuk meminimalisir jumlah korban.

Beberapa prinsip untuk menentukan jalur evakuasi bencana banjir (Slamet dan Susanto, 2007 dalam Santoso, 2013 dengan modifikasi): 1) Jalur evakuasi dirancang menjauhi aliran sungai. 2) Jalur evakuasi disarankan tidak melintasi sungai/jembatan. 3) Di daerah berpenduduk padat, dirancang jalur evakuasi berupa sistem blok yang dibatasi oleh aliran sungai, dimana

pergerakan masa setiap blok tidak tercampur dengan blok lainnya untuk menghindari kemacetan. 4) Dalam setiap jalur evakuasi diperlukan rambu-rambu evakuasi untuk pengungsi menuju tempat aman.

Penggunaan teknologi SIG dalam bidang kebencanaan paling umum adalah untuk memetakan kawasan-kawasan rawan atau berisiko bencana, peta jalur evakuasi, peta rencana kontigensi. Aplikasi SIG untuk pembuatan jalur evakuasi yang berfungsi untuk mencari rute optimum adalah *Least Cost Path*. Analisis *Least Cost Path* merupakan analisa tiap sel *raster* dimana *segmen* berpindah dari sel ke sel dengan nilai akumulasi terkecil (AL Samari, 2009). Sedangkan menurut (ESRI, 2008 dalam Ardana, 2013), penentuan jaringan dengan melihat atribut medan terdiri atas beberapa tahap diantaranya *cost surface*, *cost distance*, *cost backlink/cost direction*, dan *cost path*. Menurut (chang, 2000 dalam Ardana, 2013), analisis *least cost path* dapat digunakan untuk aplikasi analisis dengan tipe pergerakan seperti perancangan perjalanan, aktifitas militer, konstruksi jalan, sistem irigasi, jalur pipa, serta aplikasi lain.

Dalam *least cost path* ini rute dibuat diatas *background* data raster yang sudah merupakan

biaya permukaan (*cost surface*). Dalam analisis *least cost path* ini secara garis besar memiliki dua aspek atau langkah yang harus ditempuh secara berurutan (Wiharja dan Purwanto, 2012).

Permasalahan dalam penelitian ini adalah Bagaimana Sistem Informasi Geografis untuk membuat alternatif jalur evakuasi. Maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Analisis jaringan jalan untuk alternatif jalur evakuasi bencana banjir luapan Sungai Bengawan Solo di Kota Surakarta.
2. Analisis titik potensial evakuasi bencana banjir luapan Sungai Bengawan Solo di Kota Surakarta.
3. Membuat model jalur evakuasi banjir yang paling efektif dengan sistem informasi geografis.

METODE PENELITIAN

Daerah penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Surakarta yang wilayahnya dilalui Sungai Bengawan Solo dan Terkena dampak pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo.

Gambar 1 Wilayah Penelitian



Sumber: Administrasi Kota Surakarta dan Priyana, dkk, 2014

Alat dan Bahan

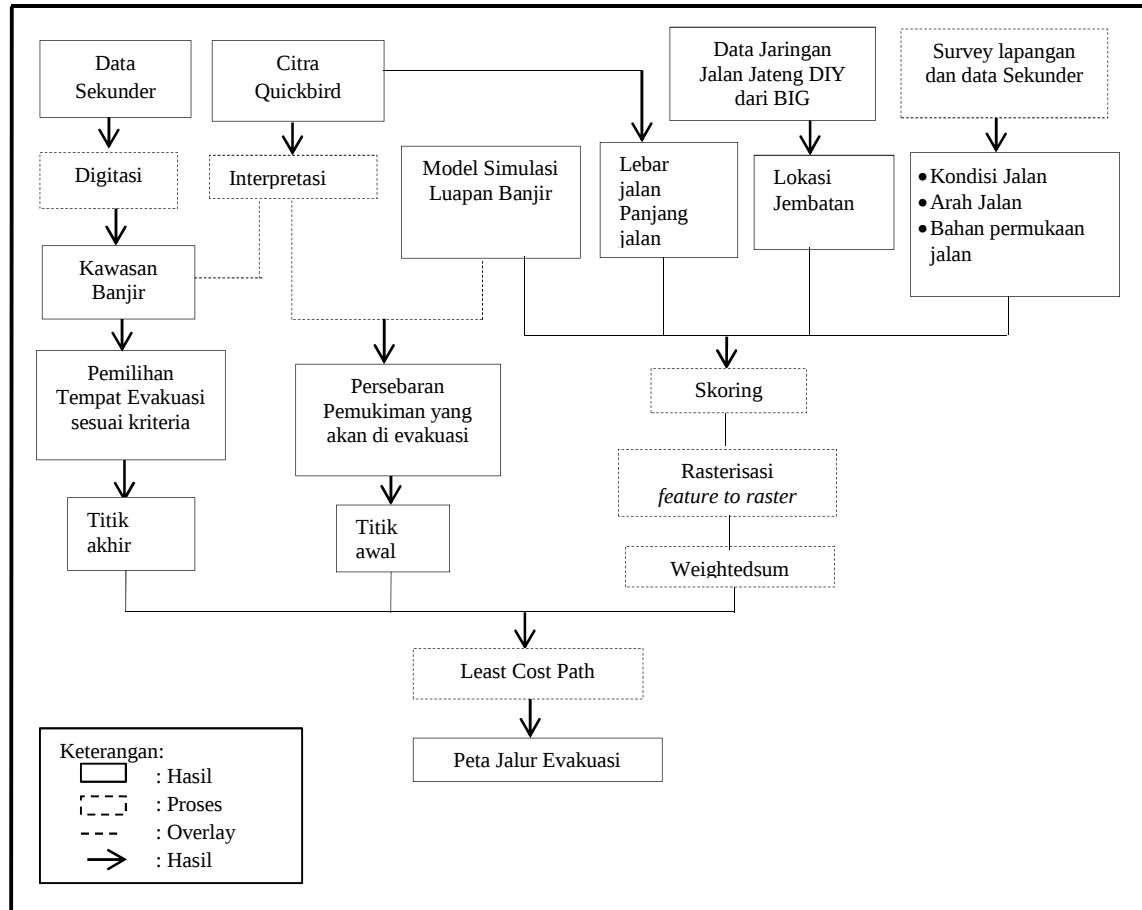
Peralatan yang digunakan adalah GPS (Global Position System) tipe Garmin Oregon 550 untuk cek lapangan titik awal evakuasi dan tempat evakuasi. Citra Quickbird Kota Surakarta tahun 2010 untuk

identifikasi jaringan jalan dan persebaran permukiman.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Gambar 2 Diagram Alir Penelitian



Sumber: Penulis

Analisa Data

Analisa data dengan metode *Leas Cost Path* untuk menghasilkan jalur evakuasi yang efektif dan analisa deskriptif kualitatif digunakan untuk menjelaskan jalur evakuasi yang dihasilkan.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah (pemodelan simulasi banjir luapan sungai bengawan solo, panjang jalan, lebar jalan, kondisi jalan, bahan permukaan jalan, lokasi jembatan, dan arah jalan). Berikut adalah pedoman skoring yang digunakan:

a) Pemodelan Simulasi Banjir Luapan

Tabel 1 Skoring Klasifikasi Pemodelan Simulasi Banjir Luapan

Kelas	Skor
Zona bahaya	10.000
Diluar zona bahaya	20

Sumber: Yuli Priyana, dkk (2014) dan pertimbangan penuli

b) Panjang Jalan

Tabel 2 Skoring Klasifikasi Panjang Jalan

Kelas (meter)	Skor
<100	20
>=100 - <200	30
>=200 - <300	40
>=300 - <400	50
>=400	60
Bukan jalan	10000

Sumber: Arif (2002, dalam Ardana, 2013) dengan modifikasi penulis

c) Lebar jalan

Tabel 3 Skoring Klasifikasi Lebar Jalan

Kelas	Skor
<2meter	100
>2 meter - < 5 meter	50
>= 5 meter – <7 meter	40
>=7 meter - <12 meter	30
>=12 meter	20
Bukan jalan	10000

Sumber: Ardana, 2013 dengan modifikasi penulis

d) Kondisi jalan

Tabel 4 Skoring Klasifikasi Kondisi Jalan

Kelas	Skore
Baik	20
Sedang	30
Buruk	40
Bukan jalan	10.000

Sumber: Ardana, 2013 dengan modifikasi penulis

e) Bahan permukaan jalan

Tabel 5 Skoring Klasifikasi Bahan Permukaan Jalan

Kelas	Skore
Aspal	20
Konblok	30
Semen	40
Batu	60
Tanah	80
Bukan jalan	10000

Sumber: Ardana, 2013 dengan modifikasi penulis

f) Lokasi jembatan

Tabel 6 Skoring Klasifikasi Lokasi Jembatan

Kelas	Skor
Tidak ada jembatan	20
Ada jembatan	30
Bukan jalan	10000

Sumber: Ardana, 2013 dengan modifikasi penulis

g) Arah jalan

Tabel 7 Skoring Klasifikasi Arah Jalan

Kelas	Skor
Dua arah	20
searah	30
Bukan jalan	10000

Sumber: Ardana, 2013 dengan modifikasi penulis

Tiap data jaringan jalan (kondisi jalan, arah jalan, lokasi jembatan, jenis permukaan jalan, termasuk panjang jalan), semua diberi kelas “bukan jalan” dimaksudkan agar komputer tidak memilih jalur evakuasi di daerah yang tidak memiliki jalan dikarenakan pada prinsipnya, jalur evakuasi harus melewati jalan untuk menjauhi zona berbahaya. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan analisis *union* antara tiap 6 data jaringan jalan. Hal tersebut agar dapat memunculkan kelas “bukan jalan”, analisis

union ini hanya bisa dilakukan pada tipe *polygon*, maka data parameter jaringan jalan harus berbentuk *polygon*. Data jaringan jalan, termasuk parameter panjang jalan dapat di ekstrak melalui metode *calculate geometry*.

Data jaringan jalan yang berupa panjang jalan, lebar jalan, kondisi jalan, bahan permukaan jalan, lokasi jembatan, dan arah jalan kemudian dilakukan pengolahan dengan metode *union* dengan hasil digitasi parameter pemodelan simulasi banjir luapan. Hasil *union* data-data parameter berikut dengan skor-skoranya kemudian dilakukan penjumlahan total skor dari tiap parameter tersebut.

Karena semua data parameter masih berbentuk *feature* maka untuk dapat menjalankan metode *least cost path*, semua data parameter diubah menjadi raster dengan menggunakan *feature to raster*.

Setelah semua data menjadi raster dan diberi skor, maka langkah selanjutnya adalah menggunakan metode *Weighted Sum*. Metode ini menjumlahkan skor-skor yang telah ditentukan di tiap data parameter yang telah di ubah menjadi raster kemudian akan dihasilkan *cost surface* dimana cakupan daerah *cost surface* tersebut merupakan hasil perpotongan dari data-data parameter. Penelitian ini memberikan bobot yang berbeda di tiap parameter, tergantung dari pengaruh parameter tersebut terhadap kedua faktor jalur evakuasi, yakni keselamatan, dan kecepatan.

Tabel 8 Bobot Parameter Jalur Evakuasi

Parameter	Bobot %
Pemodelan simulasi banjir	30
Panjang jalan	25
Lebar jalan	15
Kondisi jalan	10
Jenis permukaan jalan	9
Lokasi jembatan	7
Arah jalan	4
Total	100

Sumber: Ardana, 2013 dengan modifikasi penulis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kondisi Jaringan Jalan

1. Panjang Jalan

Jumlah segmen jalan per kelas panjang jalan secara rinci diperlihatkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 9 Jumlah Segmen Jalan Per Kelas Panjang Jalan

Kelas Panjang Jalan (meter)	Jumlah Segmen Jalan
<100	210
≥ 100 - <200	62
≥ 200 - <300	8
≥ 300 - <400	1
≥ 400	2
Total Segmen	283

Sumber: Analisa Penuli

Tabel diatas memperlihatkan bahwa panjang jalan (≤ 100 meter) merupakan kelas panjang jalan yang paling banyak jumlah segmennya diantara kelas yang lain sehingga kemungkinan untuk melewati jalan dengan kelas panjang jalan tersebut sangat besar.

2. Lebar Jalan

Jumlah segmen jalan per kelas lebar jalan secara rinci diperlihatkan tabel dibawah ini.

Tabel 10 Jumlah Segmen Jalan per Kelas Lebar Jalan

Kelas Lebar Jalan	Jumlah Segmen
<2meter	17
≥ 2 meter - < 5 meter	232
≥ 5 meter - <7 meter	7
≥ 7 meter - <12 meter	27
≥ 12 meter	-
Total segmen	283

Sumber: Analisa Penulis

Tabel diatas menunjukkan bahwa kelas lebar jalan (≥ 2 meter-<5 meter) merupakan kelas jalan per segmen terbanyak dibanding kelas jalan yang lain. Hal ini dibuktikan dengan persebaran kelas jalan tersebut yang merata. Dengan demikian kemungkinan jalur evakuasi akan melewati jalan dengan lebar jalan tersebut sangat besar.

3. Kondisi Jalan

Jumlah segmen jalan per kelas kondisi jalan secara rinci diperlihatkan tabel dibawah ini.

Tabel 11 Jumlah Segmen Jalan Per Kelas Kondisi Jalan

Kelas jalan	Jumlah Segmen
Baik	4
Sedang	267
Buruk	12
Total Segmen	283

Sumber: Analisa Penulis

Tabel diatas memperlihatkan bahwa kondisi jalan di daerah penelitian dominan dalam kondisi sedang yaitu sejumlah 267 segmen jalan dari 283 segmen dalam kondisi sedang. Hal ini menunjukkan bahwa jalan di daerah penelitian dalam kondisi tidak terlalu baik,namun masih dapat digunakan sebagai jalur evakuasi.

4. Bahan Permukaan Jalan

Jumlah segmen jalan per kelas bahan permukaan jalan secara rinci diperlihatkan tabel dibawah ini.

Table 12 Jumlah Segmen Jalan Per Kelas Bahan Permukaan Jalan

Kelas	Jumlah Segmen
Aspal	212
Konblok	12
Semen	59
Batu	-
Tanah	-
Total Segmen	283

Sumber: Analisa Penulis

Persebaran jalan dengan bahan permukaan aspal cukup merata dengan jumlah segmen 212 dari total 283 segmen jalan di daerah penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa jalan di daerah penelitian memiliki bahan permukaan jalan yang sesuai untuk dijadikan sebagai jalur evakuasi.

5. Lokasi Jembatan

Jumlah segmen jalan per kelas lokasi jembatan secara rinci diperlihatkan tabel dibawah ini.

Tabel 13 Jumlah Segmen Jalan Per Kelas Lokasi Jembatan

Kelas	Jumlah Segmen
Tidak ada jembatan	279
Ada jembatan	4

Sumber: Analisa Penulis

Meskipun seharusnya jalur evakuasi tidak boleh melewati jembatan ataupun sungai, namun pada kenyataannya pada penelitian ini terdapat jalan yang menjadi jalur evakuasi terpaksa melewati jembatan karena tidak ada jalan lain di daerah tersebut.

6. Arah Jalan

Jumlah segmen jalan per kelas arah jalan secara rinci diperlihatkan tabel dibawah ini.

Tabel 14 Jumlah Segmen Jalan Per Kelas Arah Jalan

Kelas	Jumlah Segmen
Dua arah	283
searah	-

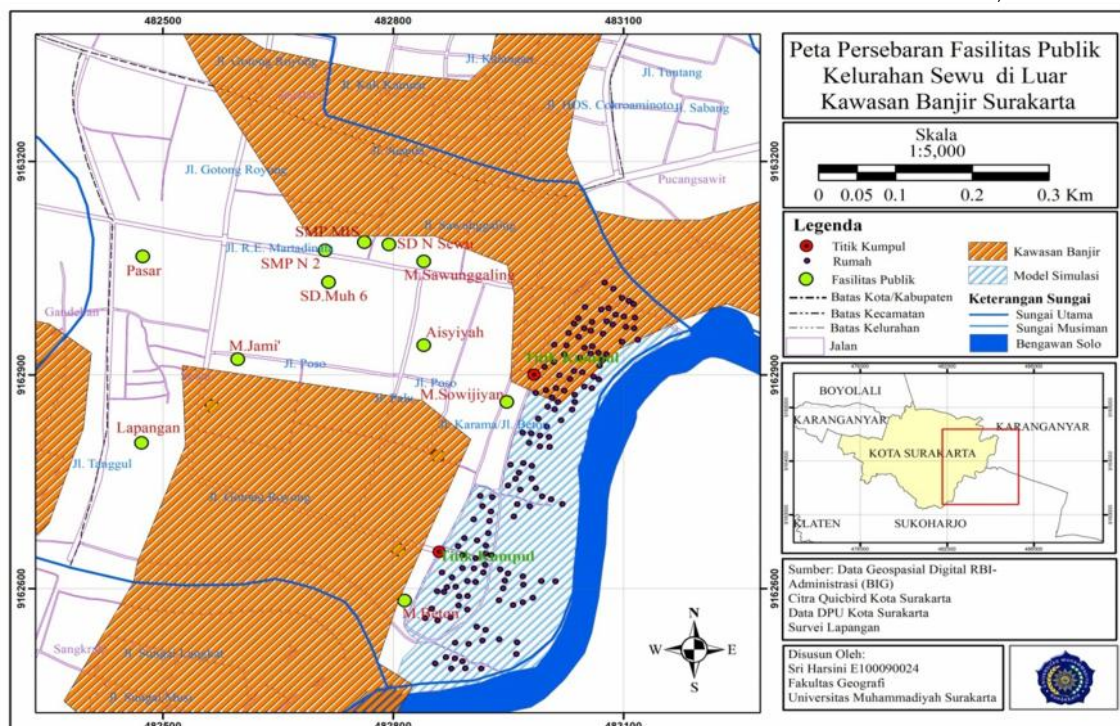
Sumber: Analisa Penulis

Di daerah penelitian seluruhnya memiliki arah jalan dua arah. Berdasarkan hipotesis bahwa jalur evakuasi sebaiknya melewati jalan dengan dua arah, maka dalam penelitian ini proses evakuasi dapat berjalan lancar Karena seluruh segmen jalan dua arah.

Analisis Tempat Potensial Evakuasi

Evakuasi pada dasarnya adalah memindahkan penduduk dari daerah berbahaya ke daerah yang aman. Untuk itu

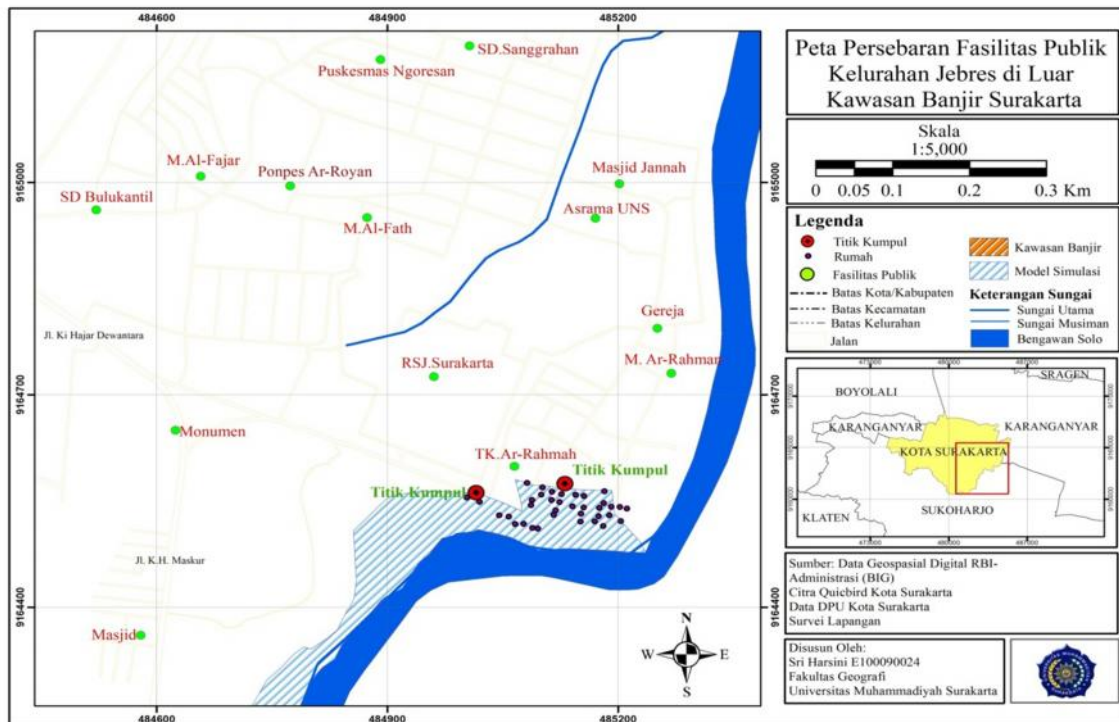
Gambar 3 Peta Persebaran Fasilitas Publik Kelurahan Sewu di Luar Kawasan Banjir Surakarta



dalam penentuan tempat evakuasi harus dipilih lokasi yang aman dari banjir. Lokasi yang aman dari banjir di Kota Surakarta adalah wilayah yang di luar kawasan banjir. Data kawasan banjir Kota Surakarta diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Surakarta.

Tempat evakuasi dalam penelitian ini adalah fasilitas publik yang dianggap memenuhi kriteria dari segi aksesibilitas, ketersediaan jumlah MCK, kapasitas daya tampungnya, dan kedekatan dengan sumber pengungsi. Untuk mengetahui seberapa dekat lokasi potensial evakuasi dengan sumber pengungsi dan untuk mengetahui apakah lokasi potensial evakuasi berada di luar kawasan banjir berikut disajikan pula persebaran lokasi fasilitas publik dengan permukiman yang tergenang akibat banjir luapan Sungai Bengawan Solo serta distribusi kawasan banjir yang bersumber dari DPU Kota Surakarta pada gambar 3 Peta Persebaran Fasilitas Publik Kelurahan Sewu di Luar Kawasan Banjir Surakarta dan gambar 4 Peta Persebaran Fasilitas Publik Kelurahan Jebres di Luar Kawasan Banjir Surakarta.

Gambar 4 Peta Persebaran Fasilitas Publik Kelurahan Jebres di Luar Kawasan Banjir Surakarta



Setelah mengidentifikasi gedung-gedung yang dapat dijadikan sebagai tempat evakuasi di daerah penelitian, maka penting untuk memperkirakan kapasitas

penampungan dari gedung tersebut. Berikut adalah data karakteristik fasilitas publik di daerah penelitian.

Tabel 15 Karakteristik Fasilitas Publik Daerah Penelitian

No.	Nama Gedung	Lokasi	Jumlah MCK	Luas Gedung	Jumlah Lantai	Aksesibilitas
1	Masjid Beton	Sewu	2	225 m ²	1	Bagus
2	Masjid Sawunggaling	Sewu	2	200 m ²	2	Bagus
3	Masjid Jami'	Sewu	5	500 m ²	1	Bagus
4	Pasar Tanggul	Sewu	-	2600 m ²	1	Bagus
5	Lapangan	Sewu	-	7700 m ²	1	Bagus
6	Masjid Sowijyan	Sewu	2	160 m ²	2	Bagus
7	Kantor Aisyiyah	Sewu	1	140 m ²	1	Bagus
8	Masjid Ar-Rahman	Jebres	1	110 m ²	1	Kurang
9	Masjid Al-Fath	Jebres	2	150 m ²	2	Bagus
10	Masjid Al-Fajar	Jebres	2	120 m ²	2	Bagus
11	Masjid Jannah	Jebres	-	150 m ²	1	Kurang
12	Gereja	Jebres	-	110 m ²	1	Kurang

Sumber: Survei Lapangan

Berdasarkan tabel dan gambar di atas dapat dilihat fasilitas publik di daerah penelitian yang paling mendekati kriteria tempat evakuasi adalah Masjid Jami' di Kelurahan Sewu memiliki 5 MCK dengan luas gedung sekitar 500 m² dan memiliki satu lantai. Masjid Sawunggaling di Kelurahan Sewu, memiliki 2 MCK dengan luas gedung 200 m² dan memiliki 2 lantai. Tempat evakuasi di Kelurahan Jebres adalah Masjid Al-Fath memiliki 2 MCK

dengan luas gedung 150 m² dan memiliki 2 lantai. Tempat evakuasi tersebut dipilih karena dianggap telah memenuhi kriteria tempat evakuasi dari segi aksesibilitas cukup bagus dekat dengan jalan, daya tampungnya, jumlah ketersediaan MCK, dan kedekatan dengan sumber pengungsi dan berada di luar kawasan banjir. Tempat evakuasi tersebut memiliki aksesibilitas yang cukup bagus, terdapat banyak jalan, berada di areal permukiman. Dekatnya dengan

permukiman dianggap baik karena dapat membantu proses perawatan para pengungsi. Jarak antara tempat evakuasi dengan titik awal pengungsi tidak terlalu jauh dan lokasinya diluar kawasan banjir Kota Surakarta. Fasilitas umum sejenis sekolahan tidak dipilih menjadi tempat evakuasi karena dianggap akan mengganggu aktivitas belajar-mengajar jika diluar hari libur sekolah.

Pemodelan Simulasi Banjir Luapan Sungai Bengawan Solo

Karakteristik banjir di Kota Surakarta berdasarkan jenisnya termasuk banjir sungai yang disebabkan oleh curah hujan yang terjadi dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) secara luas dan berlangsung lama akibatnya sungai tidak mampu menampung aliran air sehingga meluap dan menggenangi daerah disekitarnya.

Sedangkan berdasarkan penyebabnya wilayah disekitar aliran Sungai Bengawan Solo termasuk banjir kiriman dimana, banjir kiriman terjadi akibat di daerah lain terjadi hujan yang airnya mengalir menuju Sungai Bengawan Solo, kemudian Sungai Bengawan Solo volume airnya naik hingga meluap, sementara wilayah yang elevasinya rendah dengan kualitas drainase yang buruk termasuk banjir lokal, karena banjir lokal terjadi akibat hujan yang jatuh di daerah itu sendiri yang disebabkan air hujan tidak tertampung oleh saluran drainase karena melebihi kapasitas sistem drainase yang ada.

Daerah penelitian mempunyai pola aliran sungai dendritik, yakni aliran air mengalir ke segala arah dan pada akhirnya aliran tersebut masuk ke induk sungai, yakni Sungai Bengawan Solo. Hal ini tentu akan berdampak pada debit yang ada di sungai induk, yakni semakin besar curah hujan yang masuk ke suatu aliran sungai, maka debit di sungai induk juga akan semakin besar, sehingga menyebabkan luapan banjir. Maka untuk mengetahui dampak luapan dari Sungai Bengawan Solo perlu adanya pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo sebagai dasar penentuan luas wilayah yang berpotensi tergenang saat

Sungai Bengawan Solo meluap. Wilayah yang berpotensi tergenang ini tidak akan dijadikan sebagai jalur evakuasi. Untuk itu setelah dilakukan analisis *union* jalan yang terkena pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo diberi skor besar agar menjadi prioritas *Least Cost Path* Untuk tidak memilih jalan tersebut menjadi jalur evakuasi.

Dalam pembuatan model simulasi genangan banjir ini menggunakan data ketinggian tempat (DEM), dilakukan dengan cara melakukan interpolasi data tersebut kemudian di rubah ke dalam bentuk raster map, sehingga didapat nilai pixel dari data ketinggian tersebut. Nilai pixel tersebut menyatakan nilai ketinggian tempat wilayah tersebut.

Pemodelan luapan banjir ini diskenariokan pada ketinggian air (1 meter, 1,5 meter, dan 2 meter). Adapun bahan pertimbangan skenario tersebut adalah bahwa kejadian banjir maksimal pada ketinggian 2 meter.

Tabel 14 Luas dampak Banjir dari Model Simulasi

No	Skenario Genangan (m)	Luas Dampak (m ²)	Prosentase (%)
1	1	77.693	14.3
2	1.5	170.462	31.3
3	2	296.601	54.4
	Jumlah	544.756	100.0

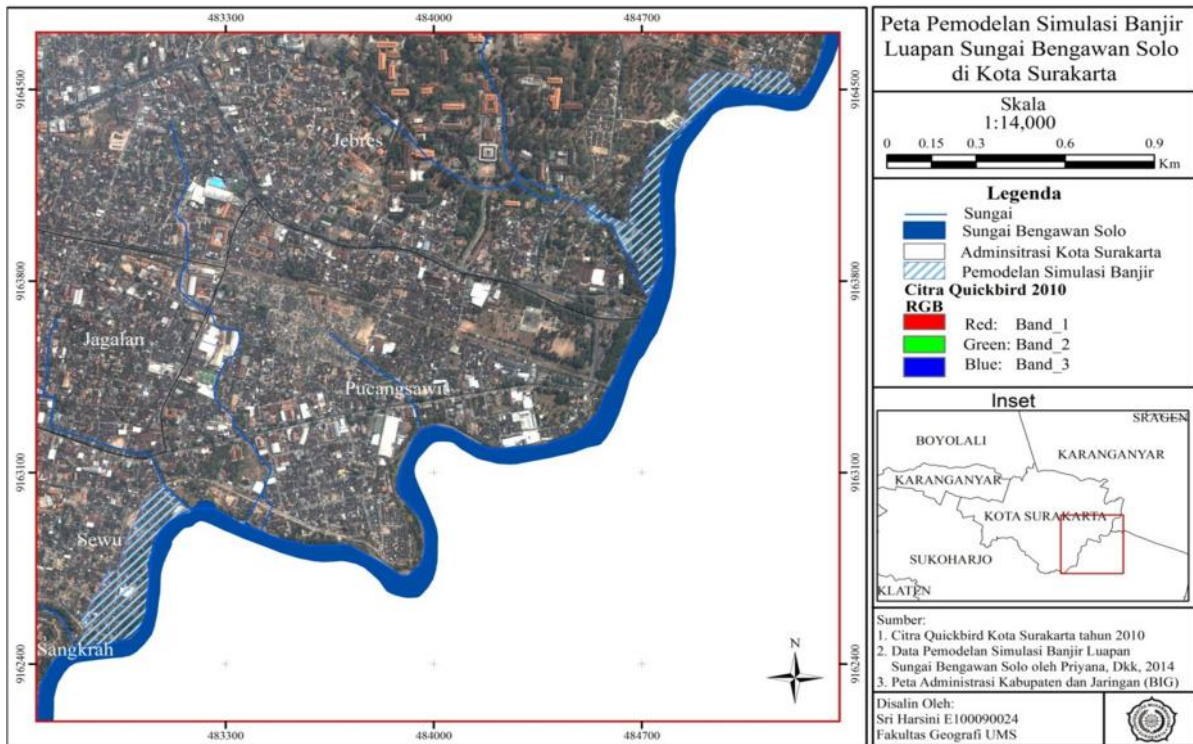
Sumber: Hasil Laporan Priyana, dkk, (2014)

Dalam penelitian ini hanya menggunakan pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo dengan skenario 1,5 meter karena dianggap paling sesuai dengan kenyataan di lapangan. Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa pada skenario 1,5 meter dampak yang ditimbulkan adalah seluas 170.462 m². Peta Pemodelan Simulasi Banjir Luapan Sungai Bengawan Solo di Kota Surakarta inilah yang kemudian dilakukan analisis *union* dengan jaringan jalan dan diberi skor tertentu selanjutnya diubah menjadi raster agar dapat di analisis dengan metode *least cost path*. Wilayah yang terkena pemodelan simulasi banjir luapan diberi skor besar agar menjadi prioritas untuk tidak dipilih sebagai

jalur evakuasi. Peta pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo secara

rinci dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Gambar 5 Peta Pemodelan Simulasi Banjir Luapan Sungai Bengawan Solo



Analisis Persebaran Permukiman

Persebaran permukiman menunjukkan bagaimana populasi terdistribusi dalam suatu wilayah yang didiami. Persebaran permukiman digunakan untuk mengindikasikan besarnya jumlah yang harus dievakuasi di setiap wilayah. Dalam penelitian ini mengambil studi kasus di wilayah yang terlewati Sungai Bengawan Solo dan terkena pemodelan simulasi luapan banjir Sungai Bengawan Solo. Dengan mempertimbangkan persebaran permukiman dapat digunakan untuk memilih titik awal dalam jalur evakuasi. Dipilihnya persebaran permukiman sebagai titik awal dikarenakan permukiman adalah suatu tempat menetapnya penduduk dalam suatu area.

Saat bahaya terjadi, akan terjadi kepanikan dan penduduk akan keluar dari daerah permukiman menuju suatu area yang

lebih aman dari bencana. Titik awal dipilih lokasi yang mudah dijangkau penduduk, dimana penduduk dapat berkumpul di titik tersebut dan penduduk dapat dengan mudah melewati jalur evakuasi yang sudah ditentukan meskipun tim evakuasi tidak datang ke lokasi bencana.

Peta persebaran permukiman diperoleh dari digitasi *Citra Quickbird* Kota Surakarta tahun 2010. Tidak semua wilayah Kota Surakarta dilakukan digitasi penggunaan lahan hanya wilayah yang terkena pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo. Digitasi Penggunaan Lahan ini diperlukan untuk mengetahui berapa luas daerah permukiman yang tergenangi pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo. Berikut adalah tabel penggunaan lahan di daerah penelitian:

Tabel 5 Penggunaan Lahan Tergenang Model Simulasi Luapan Sungai Bengawan Solo

No	Penggunaan Lahan Tergenang	Luas (m ²)	Prosentase (%)
1	Bangunan Gedung	883.387658	0.518231
2	Daerah Berair	8250.879163	4.840304
3	Lahan Kosong Vegetasi Jarang	38379.54129	22.51501
4	Lahan Kosong Vegetasi Lebat	55462.38483	32.53651
5	Permukiman	67485.79983	39.58994
	Total	170461.9928	100

Sumber: Priyana, dkk, 2014

Berdasarkan tabel diatas memperlihatkan pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo menggenangi wilayah permukiman seluas 67.485,8 m² setara dengan 39,6 % dari total penggunaan lahan yang tergenang.

Kepadatan penduduk adalah perbandingan antara jumlah penduduk dan luas daerah yang didiami. Kepadatan penduduk aritmatik adalah suatu angka yang menunjukkan rata-rata penduduk

menempati setiap 1 km² permukaan bumi atau jumlah semua penduduk dalam suatu wilayah atau negara dibagi dengan seluruh luas wilayahnya. Kepadatan penduduk ini dihitung dengan rumus (4.1): $\frac{\text{jumlah penduduk (jiwa)}}{\text{luas wilayah (km}^2\text{)}}$. Dengan mengetahui kepadatan penduduk suatu wilayah dapat diprediksi dalam satuan luas tertentu didiami berapa jumlah penduduknya. Berikut adalah kepadatan penduduk di daerah penelitian:

Tabel 16 Kepadatan Penduduk Di Daerah Penelitian

Desa	Jumlah Penduduk (jiwa)	Luas (km ²)	Kepadatan (jiwa/km ²)	Luas Permukiman Tergenang (km ²)	Luas Penggunaan Lahan Tergenang (Km ²)	Prosentase Luas tergenang (%)	Kepadatan Penduduk Tergenang (jiwa/km ²)	Jumlah Penduduk Tergenang (Jiwa)
(1)	(2)	(3)	(4)=(2/3)	(5)	(6)	(6)=(5/3*100)	(7)=(6/100*4)	(8)=(7*5)
Sewu	7.545	0,49	15.397	0.06	0,082703	16,8782557	2.598,906919	214,93858
Jebres	32.108	3,17	10.128	0.007	0,087759	2,76840817	280,3843798	24.606124
Jumlah	39.653	3,66	25.525	0.067	0.170462	19.6466638	2.879,291298	239.5447

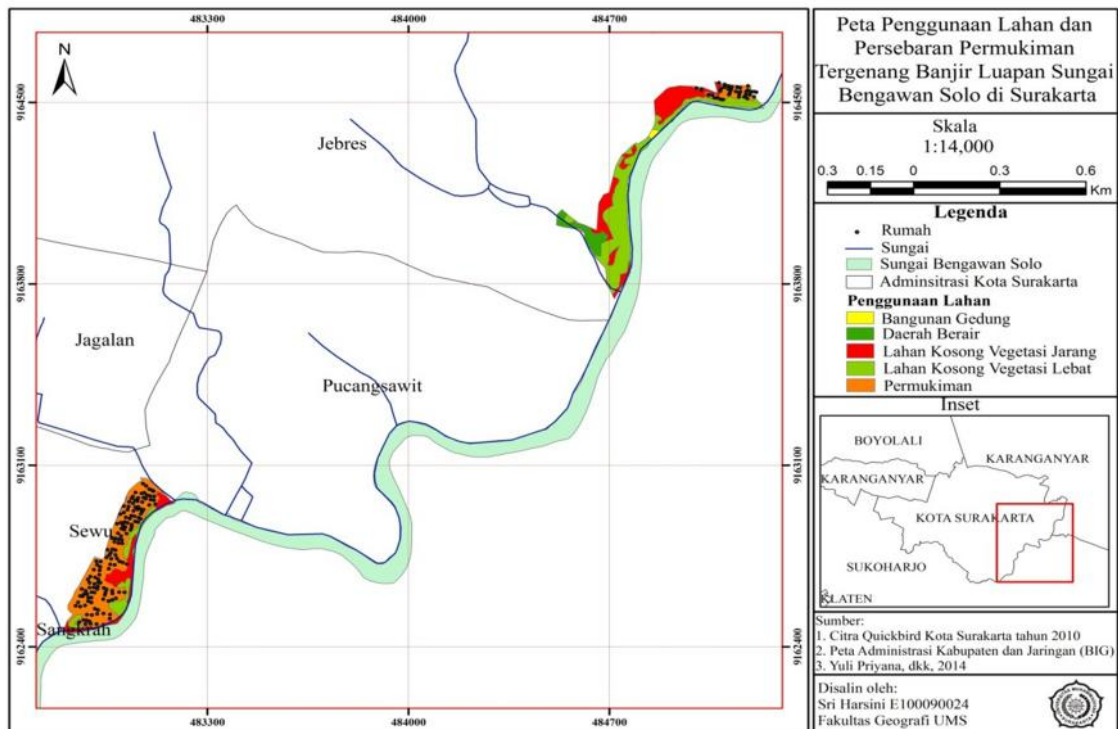
Sumber: Priyana, dkk, 2014 dan analisa penulis

Berdasarkan tabel di atas dapat kita lihat wilayah yang paling luas tergenangi adalah Kampung Sewu yaitu 0,083 Km² atau setara 16,88 % dari keseluruhan luas Kampung Sewu dengan luas permukiman yang tergenang yaitu 0.06 Km². Wilayah Kampung Sewu yang tergenang memiliki kepadatan penduduk 2.598,9 Jiwa/Km² atau kira-kira terdapat 214 penduduk yang menjadi korban bencana banjir luapan Sungai Bengawan Solo. Namun kenyataan di lapangan banyak rumah di depan tanggul Bengawan Solo sudah mulai ditinggalkan penghuninya karena mengikuti program relokasi dari pemerintah Kota Surakarta dalam rangka mengurangi jumlah korban jiwa dan mengembalikan fungsi lahan sebagai

sempadan sungai. Sedang untuk wilayah Kelurahan Jebres hanya sedikit wilayah permukiman yang tergenangi banjir luapan Sungai Bengawan Solo yaitu seluas 0.007 Km² dari total wilayah yang tergenangi yaitu 0,088 Km² atau setara 2,8 % dari seluruh wilayah Desa Jebres. Kepadatan Kelurahan Jebres yang tergenang adalah 280,4 Jiwa/Km² atau kira-kira terdapat 24 penduduk yang menjadi korban banjir apabila Sungai Bengawan Solo meluap hingga 1,5 meter seperti dalam pemodelan simulasi banjir luapan Sungai Bengawan Solo.

Peta penggunaan lahan dan persebaran permukiman di daerah penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Gambar 5 Peta Penggunaan Lahan dan Persebaran Permukiman

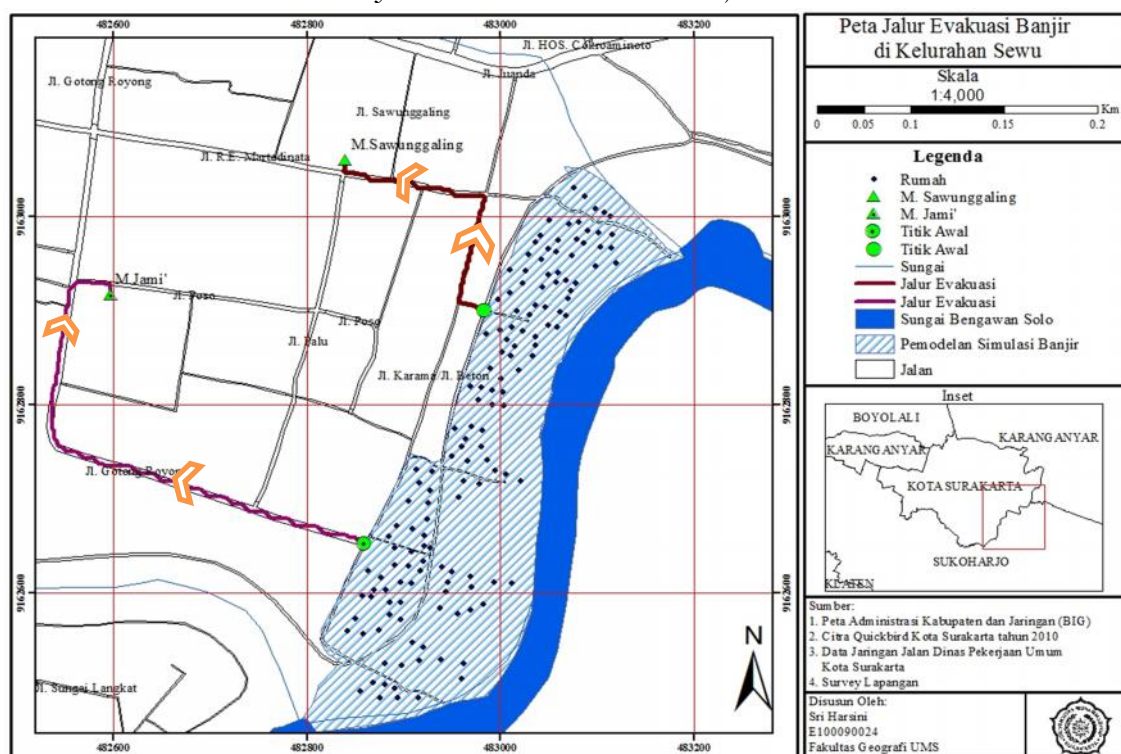


Jalur Evakuasi Banjir di Kota Surakarta

Jalur evakuasi dibuat di tiap desa sepanjang Sungai Bengawan Solo yang terkena genangan simulasi banjir luapan yaitu Kelurahan Sewu dan Kelurahan Jebres. Hasil analisis *Least Cost Path*

menghasilkan 2 jalur evakuasi yang terletak di Kelurahan Sewu dan 2 jalur di Kelurahan Jebres. Berikut adalah jalur evakuasi yang dihasilkan dengan metode *least cost path* di Kelurahan Sewu:

Gambar 6 Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir di Kelurahan Sewu

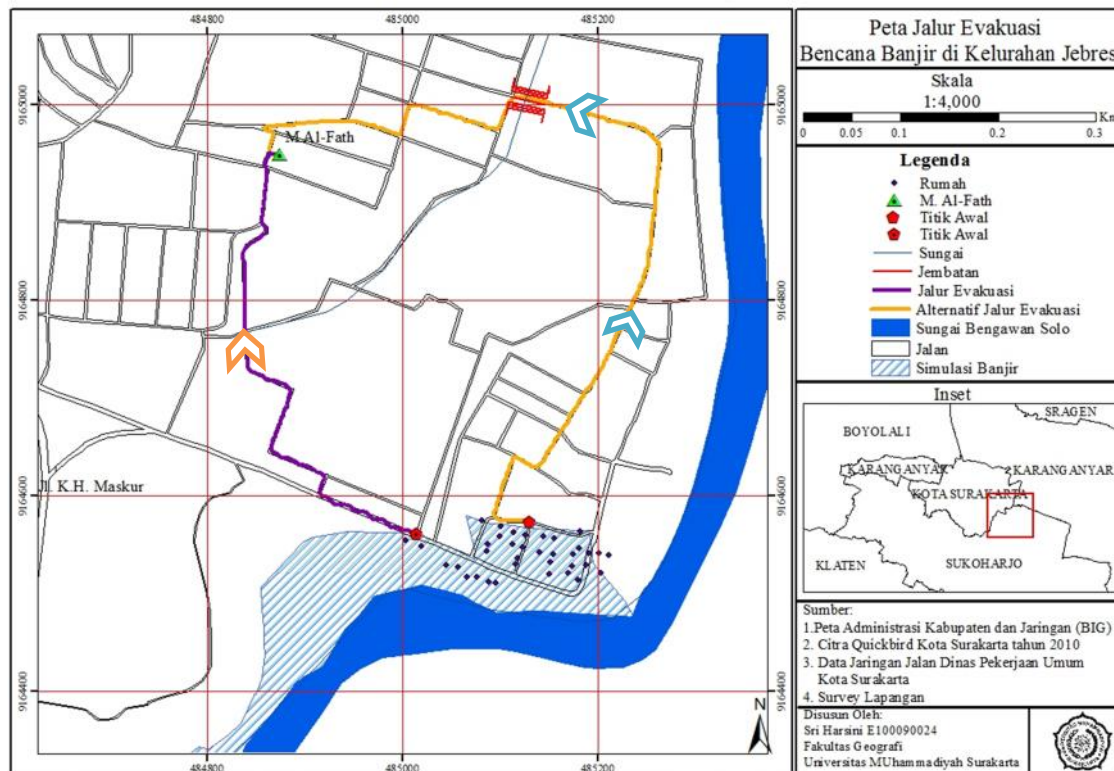


Least cost path memilih jalur dari titik awal pertama di simpang tiga Jalan Beton tepatnya pada koordinat 482859 mT dan mU 9162651 dapat melewati Jalan Gotong-royong menuju titik evakuasi di Masjid Jami'. *Least Cost Path* memilih melewati jalan tersebut karena memiliki lebar jalan 7 m, dengan panjang jalan 564 m jadi lebih pendek, kondisi jalan yang baik, bahan permukaan jalan aspal, tidak melewati jembatan, dan jalannya dua arah, sehingga diasumsikan jalur yang dipilih memiliki waktu tempuh yang lebih cepat dan efektif.

Kedua dari titik awal di tanggul sungai Bengawan Solo tepatnya pada koordinat

482985 mT dan 9162908 mU dapat menuju titik evakuasi Masjid Sawunggaling. *Least cost path* memilih jalur evakuasi dari titik awal di tanggul Bengawan Solo menuju Jalan Beton kemudian melewati Jalan R.E Martadinata menuju Masjid Sawunggaling. *Least cost path* memilih jalur tersebut karena jalannya memiliki lebar jalan 3 m hingga 6 m dengan panjang jalan 304,6 m jadi lebih pendek, permukaan jalan aspal, memiliki dua arah, dan tidak melewati jembatan sehingga dianggap jalur tersebut memiliki waktu tempuh yang lebih cepat dan efektif.

Gambar 7 Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir di Kelurahan Jebres



Berdasarkan gambar di atas terlihat jalur evakuasi dari titik awal pertama di simpang tiga Ketingan dapat melewati Jalan Ketingan lurus melewati depan Rumah Sakit Jiwa Surakarta, kemudian hingga di depan Kantor Pusat Psikoterapi Kota Surakarta ke arah Utara lurus hingga di Masjid Al-Fath. *Least cost path* memilih jalur tersebut karena memiliki lebar jalan 2,5 m

hingga 4 m dengan panjang jalannya 534 m, permukaan jalan aspal, dua arah, dan tidak melewati jembatan, sehingga dianggap memiliki waktu tempuh evakuasi yang lebih cepat dan efektif.

Kedua adalah alternatif jalur evakuasi dari titik awal di sebuah simpang empat jalan di tengah permukiman padat penduduk tepatnya pada koordinat 485137

mT dan 9164571 mU dapat melewati jalan ke arah Barat hingga mentok, kemudian lurus ke arah utara hingga melewati jembatan, melewati depan Asrama Mahasiswa UNS, kemudian menuju tempat evakuasi masjid Al-Fath dengan jalur yang dipilih *least cost path*. Jalur yang dipilih melewati lebar jalan 2.5 m, panjang jalan 997 m, permukaan jalannya aspal dan konblok dalam kondisi baik hingga sedang, dan dua arah meskipun terpaksa harus melewati jembatan karena tidak ada jalan tanpa jembatan di area tersebut.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Jaringan jalan di daerah penelitian dapat dikatakan sesuai untuk dijadikan jalur evakuasi.

2. Titik evakuasi yang mendekati kriteria dan berada di luar kawasan banjir berdasarkan data dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Surakarta yaitu Masjid Jami' dan Masjid Sawunggaling di Kelurahan Sewu, sedang di Kelurahan Jebres adalah Masjid Al-Fath.
3. Jalur evakuasi yang dihasilkan dengan metode *least cost path* adalah 2 jalur di Kelurahan Sewu dan 2 jalur di Kelurahan Jebres.

Saran

1. Dalam melakukan skoring tiap parameter yang digunakan dalam penentuan jalur evakuasi sebaiknya menggunakan referensi yang relevan.
2. Untuk menentukan pemodelan simulasi banjir luapan sebaiknya menggunakan analisa hidrologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Samari, Bader Adulaziz, et al. Tanpa Tahun. Optimum Route OF pipeline using ArcGIS: Saudi Aramco, Dhahran. <http://www.saudigis.org/cms.acpx?cid=37>. Diakses pada 26 Oktober 13:17
- Anna, Noor Alif, dkk. 2012. *Model Pengelolaan Air Permukaan Untuk Pencegahan Daerah Banjir Di Surakarta Dan Sukoharjo Jawa Tengah*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing ke tiga. Surakarta: Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ardana, Doma Madhan. 2013. Penentuan Jalur Evakuasi Dan Dampak Banjir Lahar Dingin Gunung Merapi Magelang, Jawa Tengah. *Skripsi Program Sarjana*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gajah Mada.
- Kodoatie, Robert J dan Sugiyanto. 2001. *Banjir: Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliaanya (Perspektif Lingkungan)*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Mei, Wulan Estuningtyas, dkk. 2013. *Lessons learned from the 2010 evacuations at Merapi volcano*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, VOLGEO-05104;No of Pages 18.
- PP No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.
- Perum Jasa Tirta. 2009. Kejadian Banjir Kota Surakarta.
- Prasetyo, Agustinus Budi. 2009. Pemetaan Lokasi Rawan Dan Risiko Bencana Banjir Di Kota Surakarta Tahun 2007. *Skripsi Program Sarjana*. Surakarta: Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret.
- Priyana, Yuli, dkk. 2014. Model Simulasi Luapan Banjir Sungai Bengawan Solo Untuk Optimalisasi Kegiatan Tanggap Darurat Bencana Banjir. *Laporan Penelitian Unggulan Program Studi (PUPS)*. Surakarta: Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Triwidiyanto, Afrizal. 2013. Pemintakatan Risiko Bencana Banjir Akibat Luapan Kali Kemuning di Kabupaten Sampang. *Tugas Akhir Program Sarjana*. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Wiharja, Delasdriana dan Taufik Hery Purwanto. 2012. *Analisis Perbandingan Jalur Pipa Transmisi PDAM Eksisting dengan Metode Leas Cost Path di Kabupaten Sleman*. Jurnal Penelitian Fakultas Geografi UGM, Volume 1, Nomor 3, Tahun 2012.