



## ANALISIS BAHAYA BENCANA BANJIR BANDANG DAN KERENTANAN FISIK DI NAGARI GUGUAK SARAI, KECAMATAN SUNGAI LASI, KABUPATEN SOLOK

Abdul Hadi Putra<sup>1</sup>, Triyatno<sup>2</sup>

Program Studi Geografi FIS Universitas Negeri Padang

Email: [abdulhadiputra.54514@gmail.com](mailto:abdulhadiputra.54514@gmail.com)

### Abstrak

Banjir bandang yang terjadi pada bulan November 2017 di Nagari Guguak Sarai, Kecamatan Sungai Lasi, Kabupaten Solok mengakibatkan kerusakan pemukiman dan lahan pertanian. Penyebab terjadinya banjir bandang adalah adanya tanah longsor di hulu sungai akibat tingginya curah hujan. Untuk mengetahui kawasan yang berpotensi bahaya akibat aliran banjir bandang dan kerusakan yang terdampak, maka perlu dipetakan indeks bahaya banjir bandang dengan menggunakan *mix method*. Hasilnya luas total kawasan bahaya banjir bandang mencapai 373,347 ha dan luas kerentanan fisik mencapai 12.33 ha dengan estimasi kerugian lebih dari 200 juta rupiah untuk kerusakan rumah dan estimasi kerugian lebih dari 400 juta rupiah untuk kerusakan fasilitas umum. Peta Indeks Bahaya Banjir Bandang dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui kawasan yang berpotensi terjadinya luapan banjir bandang dan Peta Kerentanan Fisik digunakan sebagai pengukuran kerugian kerusakan fisik akibat luapan banjir bandang yang ada di Nagari Guguak Sarai.

**Kata kunci:** Banjir Bandang, Indeks Bahaya, *Mix method*, Kerentanan Fisik

### Abstract

*The flash flood that occurred in November 2017 in Nagari Guguak Sarai, Sungai Lasi District, Solok Regency caused damage to settlements and agricultural land. The cause of flash flood is landslides in the upstream of the river due to high rainfall. To find out the areas that are potentially dangerous due to the flow of flash flood and the damage affected, it is necessary to map the flash flood hazard index using the mix method. As a result, the total area of the flash flood hazard area reaches 373.347 ha and the area of physical vulnerability reaches 12.33 ha with an estimated loss of more than 200 million rupiah for house damage and an estimated loss of more than 400 million rupiah for damage to public facilities. The flash flood hazard index map is used as a reference to determine areas that have the potential for flash flood overflows and the physical vulnerability map is used as a measurement of physical damage losses due to flash floods in Nagari Guguak Sarai.*

**Keywords:** Flash Flood Hazard, Hazard Index, *Mix method*, physical vulnerability

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Geografi FIS UNP

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Geografi FIS UNP

### **Pendahuluan**

Banjir bandang adalah banjir besar yang mengalir dan menghanyutkan banyak material seperti air, pasir, tanah, batu, lumpur, dan kayu yang bergerak ke dataran lebih rendah. Volume konsentrasi material dan kecepatan aliran banjir bandang menjadikan fenomena ini sangat berbahaya bagi manusia. Material yang ikut hanyut bersama banjir bandang, aliran banjir bandang dapat merusak apa saja yang berada dalam jangkauan alirannya. Pada kondisi morfologi dataran dengan tingkat kelerengan sedang sampai tinggi, aliran banjir bandang bahkan mencapai kecepatan 160km/jam. Banjir bandang terjadi dalam waktu yang sangat cepat dan kadang sulit diprediksi. Secara umum, banjir bandang berpotensi terjadi di kawasan aliran sungai yang terbentuk dari lembah perbukitan dengan kemiringan curam dan memiliki sumber air melimpah. Daerah aliran sungai ini juga akan semakin rawan bila terdapat banyak material pendukung longsor dan penyumbatan sungai. Bendungan alami yang terbentuk karena longsor ini menyebabkan air hujan dan air yang turun dari lereng-lereng perbukitan tertahan sehingga terbentuk danau atau tumpungan air dalam jumlah yang besar.

Volume air yang terbendung tersebut semakin lama akan bertambah banyak yang pada umumnya diawali

oleh hujan deras di daerah hulu. Ketika bendungan alami tidak sanggup lagi menahan jumlah air yang terakumulasi, maka bendungan alami tersebut akan mengalami kebocoran dan kerusakan. Hal tersebut menyebabkan tumpahnya air dengan volume yang sangat besar dan mengalir deras melalui aliran sungai dan membawa serta berbagai material atau puing yang memiliki daya rusak yang besar. (BNPB, Hasil Kajian Risiko Bencana, Gambaran Singkat Banjir Bandang, 2016)

Bedasarkan tinjauan langsung kelapangan pada hari jum'at, 08 Juni 2018, terdapat kerusakan sistem irigasi, bantaran sungai, dan sawah dengan permukaan tanahnya terdiri dari pasir abu-abu yang merupakan dampak dari terjangan banjir bandang. Di lapangan juga ditemukan tumpukan kayu gelondongan di berbagai lokasi.

Hujan lebat dari pukul 21.00 WIB tanggal 9 Desember 2017 hingga pukul 00.30 WIB tanggal 10 Desember 2017. Banjir bandang mulai pukul 22.30 WIB hingga dini hari dengan meluapnya Batang Simo yang melewati pemukiman penduduk di Nagari Sungai Jamhur, Nagari Sungai Lasi dan Nagari Guguak Sarai Kec. IX Koto Sungai Lasi dan Batang Katialo.

Sampai saat ini, belum ada informasi tentang Peta Zona Bahaya Bencana Banjir Bandang Kecamatan X Koto Sungai Lasi dan mitigasi yang dilakukan ketika terjadinya banjir

bandang, tetapi kerugian yang dialami masyarakat cukup besar ketika banjir terjadi. Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penulis mengangkat permasalahan yang akan dikaji dengan judul Analisis Bahaya Bencana Banjir Bandang dan Kerentanan Fisik di Nagari Guguak Sarai, Kecamatan Sungai Lasi, Kabupaten Solok. Penelitian ini merumuskan tentang analisis tingkat bahaya dan kerentanan fisik bencana banjir bandang di Nagari Guguak Sarai, Kecamatan Sungai Lasi, Kabupaten Solok.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Jenis penelitian

Penelitian ini dapat digolongkan pada penelitian deskriptif kuantitatif. Analisis yang digunakan adalah analisis kuantitatif.

### 2.2 Data dan alat penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Adapun data yang digunakan dalam proses analisis data yaitu:

**Tabel 1.** Data yang digunakan

DATA		SUMBER DATA		
Titik lokasi		Survei Lapangan		
Terdampak banjir bandang				
Peta Jaringan Sungai		DEMNAS	ArcGIS	Online World Imagery
		SPOT 7 Tahun 2017		
		Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000		
Peta Sungai	Elevasi	DEMNAS		

DATA	SUMBER DATA
Peta Ketinggian	DEMNAS
Peta Penggunaan Lahan	ArcGIS Online World Imagery
	SPOT 6 Tahun 2017
Peta Kontur	DEMNAS
Peta Administrasi Kecamatan Sungai Lasi	Badan Informasi Geospasial (BIG)
Peta Toponimi	Badan Informasi Geospasial (BIG)

### Sumber ; Penulis

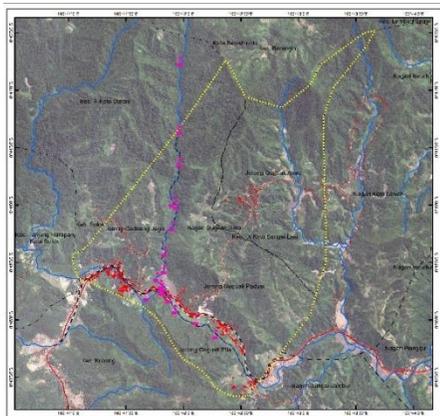
Alat yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk membantu proses pengolahan data untuk mendapatkan hasil yang akan dianalisis. Alat-alat untuk proses analisis data yang terdiri dari Laptop ASUS A455L, Laptop LENOVO IDEAPAD SLIM 3 i7 1165G7 MX450, ArcGIS ArcMap 10.5, Global Mapper, Surfer, GPS Garmin, dan kamera

### 2.3 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Nagari Guguak Sarai, Kecamatan Sungai Lasi, Kabupaten Solok. Berdasarkan batas daerah aliran sungai, penelitian ini dilakukan di DAS Indragiri Hulu.

Nagari Guguak Sarai merupakan nagari yang terletak di Kecamatan Sungai Lasi, Kabupaten Solok yang berada diantara 0°43'28,791" sampai 0°46'40,184"S LS dan 100°41'2,258"E sampai 100°43'39,961" BT. Nagari Guguak Sarai terdiri dari 4 jorong yang terdiri dari Jorong Gaduang Jago, Jorong Guguak Pila, Jorong Guguak Anau, dan Jorong Guguak Padusi. Lokasi penelitian dilakukan di wilayah

batas deliniasi pada gambar 2.1 berikut ini;



**Gambar 1** Peta Deliniasi Wilayah Penelitian

Sumber ; Hasil analisis data tahun 2021

**Tabel 2.** Luas Nagari Guguak Sarai berdasarkan jorong

Nagari	Jorong	Luas (hektar)
Guguak Sarai	Jorong Guguak	451,234
	Anau	
	Jorong Gaduang	203,297
	Jago	
	Jorong Guguak	549,253
	Padusi	
	Jorong Guguak Pila	132,356

Sumber ; BAPPEDA tahun 2015

Di Nagari Guguak Sarai, ditemukan endapan bekas terdampak luapan banjir bandang. Titik koordinat tersebut dijadikan sampel digunakan untuk memudahkan validasi hasil perhitungan dalam pembuatan Peta Bahaya Banjir Bandang dengan kondisi lapangan. Titik koordinat sampel di pilih dengan menggunakan GPS Garmin 78s. Adapun titik koordinat sampel yang

dipilih ditampilkan dalam tabel berikut ini ;

**Tabel 3.** Titik koordinat sampel

Lokasi	Koordinat	
	X	Y
A	100,699444	-0,739098
B	100,699433	-0,743759
C	100,698369	-0,749574
D	100,698953	-0,749948
E	100,698357	-0,753046
F	100,697270	-0,756730
G	100,697218	-0,759331
H	100,696138	-0,760416
I	100,696720	-0,761507
J	100,696915	-0,761950
K	100,697028	-0,762473

Sumber ; Survei lapangan

## 2.4 Metode yang digunakan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode campuran (*mix method*). Dalam kajian analisis bahaya banjir bandang, metode yang digunakan yaitu metode survei lapangan, metode interpretasi citra, metode perhitungan *raster* yang keluaran Kementerian PU 2011. Untuk mengkaji kerentanan fisik digunakan metode *skoring*.

## 2.5 Teknik pengolahan data

Untuk pembuatan peta analisis bahaya banjir bandang, data yang diperlukan adalah jaringan sungai dan citra DEMNAS. Jaringan sungai yang berekstensi *.shp* digunakan untuk *clip feature* dengan citra DEMNAS untuk menghasilkan Peta Elevasi Jaringan Sungai. Jaringan sungai ini juga berfungsi untuk membuat sempadan sungai dengan jarak 1.000 meter. Citra

DEMNAS di potong (*clip*) dengan sempadan sungai sehingga menghasilkan Peta Elevasi di sekitar sungai.

Untuk mengetahui tinggi genangan banjir bandang, diperlukan elevasi jaringan sungai dan pembuatan data *raster* dengan *value* 5. Angka 5 didefinisikan sebagai tinggi genangan banjir bandang berdasarkan Kementerian PU tahun 2011. Untuk mengetahui tinggi genangan banjir bandang, digunakan rumus sebagai berikut ;

$$Rast\ 1 = Rast\ 2 + Rast\ 3$$

Keterangan

*Rast 1* ; *Raster* ketinggian genangan

*Rast 2* ; *Raster* ketinggian genangan yang nilai pixelnya 5 meter

*Rast 3* ; *Raster* jaringan sungai

Setelah dibuat *raster* ketinggian genangan 5 meter. Dilakukan analisis perhitungan *cost distance* untuk menghasilkan data akumulasi tinggi genangan (*cost dist*). Data yang dibutuhkan adalah *raster* tinggi genangan 5 meter dan elevasi sekitar sungai. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut;

a. Untuk menentukan biaya akumulatif pada *source raster* pertama ;

Jika perhitungan nilai pixelnya (biaya akumulatif) membentuk simpul horizontal dan vertikal, maka formulanya sebagai berikut;

$$a = Cost\ 1 = \frac{Cost\ 2 + Cost\ 3a}{2}$$

Keterangan

*Cost 1* ; *Cost distance source* dengan nilai 0

*Cost 2* ; *Cost raster source*

*Cost 3a* ; *Cost raster*

Jika perhitungan nilai pixelnya (biaya akumulatif) membentuk simpul diagonal, maka formulanya sebagai berikut;

$$b = Cost\ 1 + (1,4142x) \frac{Cost\ 2 + Cost\ 3b}{2}$$

Keterangan

*Cost 1* ; *Cost distance source* dengan nilai 0

*Cost 2* ; *Cost raster source*

*Cost 3b* ; *Cost raster*

1,4142 ; *Costanta*

b. Untuk menentukan biaya akumulatif pada *source raster* kedua;

Jika perhitungan nilai pixelnya (biaya akumulatif) membentuk simpul horizontal dan vertikal, maka formulanya sebagai berikut;

$$a = Cost\ 1 = \frac{Cost\ 2 + Cost\ 3a}{2}$$

Keterangan

*Cost 1* ; *Cost distance source* dengan nilai *source raster* yang telah dihitung sebelumnya

*Cost 2* ; *Cost raster source*

*Cost 3a* ; *Cost raster*

Jika perhitungan nilai pixelnya (biaya akumulatif) membentuk simpul diagonal, maka formulanya sebagai berikut;

$$b = Cost\ 1 + (1,4142x) \frac{Cost\ 2 + Cost\ 3b}{2}$$

Keterangan

<i>Cost 1</i>	;	<i>Cost distance source</i> dengan nilai <i>source raster</i> yang telah dihitung sebelumnya
<i>Cost 2</i>	;	<i>Cost raster source</i>
<i>Cost 3b</i>	;	<i>Cost raster</i>
1,4142	;	<i>Costanta</i>

Untuk menentukan biaya akumulatif pada *source raster* ketiga, prosesnya sama pada langkah b, karena perhitungan biaya akumulatif selanjutnya menggunakan *source raster* yang telah dihitung sebelumnya.

Secara umum, nilai rentang hasil perhitungan *cost distance* dimulai dari 0,0000 hingga 99999. *Value cost distance* (akumulasi ketinggian genangan) yang dihasilkan kemudian di konversi berdasarkan perhitungan keanggotaan *fuzzy linier* dimana nilai keanggotaan *fuzzy*  $1 \leq x < \max$  mewakili *value cost distance* tertinggi hingga nilai keanggotaan *fuzzy*  $1 \leq x < \min$  mewakili *value cost distance* terendah. Rumus yang digunakan sebagai berikut;

$$\mu(x)=0 \text{ if } x < \min, \mu(x)=1 \text{ if } x > \max,$$

$$\mu(x) = \frac{(x - \min)}{(\max - \min)}$$

Keterangan

*Min* dan *max* ; nilai yang dimasukkan

Kerentanan fisik mengkaji kerugian fisik bangunan yang diakibat luapan banjir bandang. Kerentanan fisik terdiri dari parameter rumah, fasilitas umum dan fasilitas kritis. Jumlah nilai rupiah rumah, fasilitas umum, dan fasilitas kritis dihitung berdasarkan kelas

bahaya di area yang terdampak. Distribusi spasial nilai rupiah untuk parameter rumah dan fasilitas umum dianalisis berdasarkan sebaran wilayah pemukiman. Masing-masing parameter dianalisis dengan menggunakan metode *scoring* sesuai Perka BNPB No.2 Tahun 2012 untuk memperoleh nilai skor kerentanan fisik. Data yang dibutuhkan untuk analisis kerentanan fisik adalah Peta Sebaran Rumah dan Fasilitas Umum / Kritis. Metode tumpang tindih antara Peta Indeks Bahaya Banjir Bandang dengan Peta Sebaran Sebaran Rumah dan Fasilitas Umum / Kritis menghasilkan Peta Kerentanan Fisik Banjir Bandang.

## 2.6 Teknik Analisis Data

Analisis bahaya banjir bandang dan kerentanan fisik bertujuan untuk mengetahui indeks bahaya banjir bandang di kawasan terdampak beserta faktor-faktor yang menyebabkan tingginya tingkat bahaya banjir bandang dan mengkaji bangunan-bangunan yang terpapar bahaya banjir bandang di kawasan tersebut.

Dalam analisis ini, penyiapan data dimulai dari pembuatan Peta Bahaya Banjir Bandang dengan menyiapkan data yang dibutuhkan yaitu peta sungai yang dipilih berdasarkan riwayat kejadian di hulu sungai dengan format *shapefile* dan citra DEMNAS. Bahaya banjir bandang didapat setelah proses penambahan ketinggian permukaan sungai, batas genangan, dan tinggi

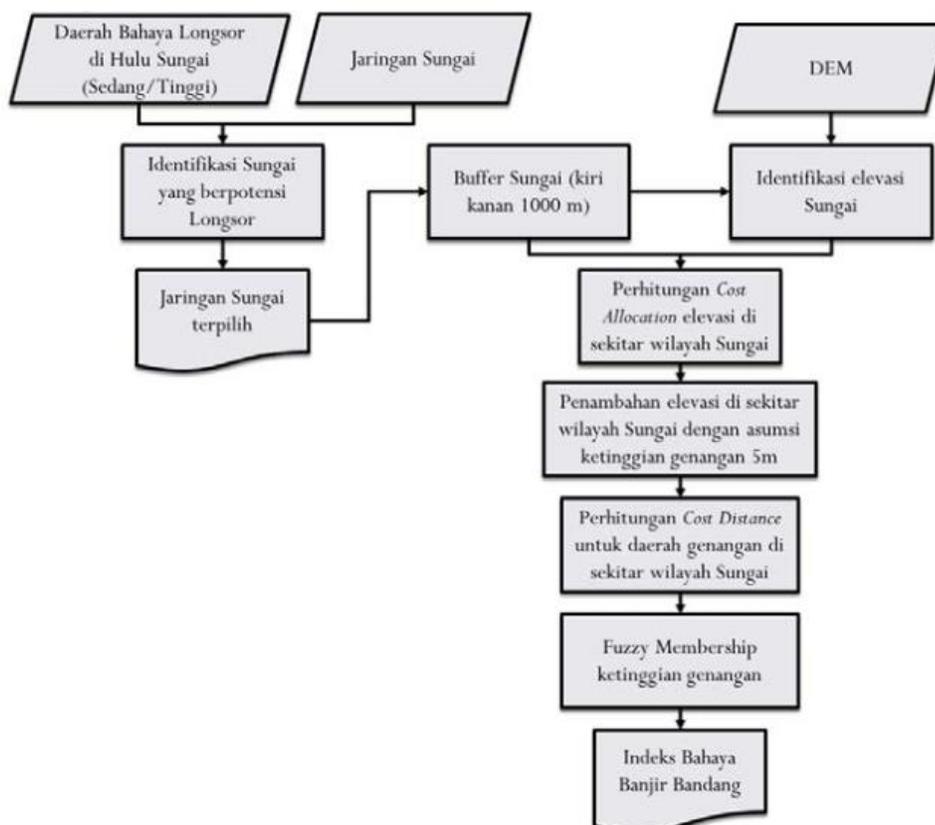
genangan di zona bahaya. Indeks bahaya dihasilkan dengan format *raster* melalui pengolahan dengan teknik *fuzzy membership* yang artinya menentukan lokasi dengan tingkat ketinggian genangan sangat tinggi.

Adapun teknik *fuzzy membership* yang digunakan adalah *fuzzy linier*. *Fuzzy linier* digunakan ketika penggunaan antara nilai minimum dan maksimum yang ditentukan pengguna.

Fungsi transformasi linear dalam analisis tingkat bahaya banjir bandang dapat digunakan untuk jarak dari sungai (transformasi linear negatif). Dalam

penentuan kajian perkiraan ketinggian genangan tinggi hingga rendah, nilai 1 didefinisikan sebagai probabilitas ketinggian genangan yang rendah dan nilai 0 didefinisikan dengan probabilitas ketinggian genangan yang tinggi. Lokasi yang dekat dengan sungai merupakan lokasi yang memiliki ketinggian genangan yang tinggi, sedangkan lokasi yang jauh dari sungai memiliki ketinggian genangan yang rendah.

Hasil perhitungan *fuzzy membership* kemudian di bagi menjadi 4 kelas yang terdiri dari kelas sangat



**Gambar 2.** Alur proses pembuatan Peta Bahaya Banjir Bandang  
Sumber ; Badan Nasional Penanggulangan Bencana

tinggi, tinggi, rendah, dan sangat rendah. Pembagian kelas ini bertujuan untuk mengetahui indeks bahaya banjir bandang. Adapun penentuan indeks bahaya banjir bandang dijabarkan dalam tabel berikut ini ;

**Tabel 4.** Penentuan indeks bahaya banjir bandang

Nilai	Ketinggian (meter)	Indeks Bahaya
0-0,030	3,33-5	Sangat tinggi
0,031-0,060	1,66-3,32	Tinggi
0,061-0,090	0,1-1,65	Rendah
0,091-1	0	Sangat rendah

Sumber ; Pengolahan data sekunder

Setelah di buat Peta Indeks Bahaya Banjir Bandang, selanjutnya pembuatan Peta Kerentanan Fisik dengan cara dilakukan tumpang tindih antara Peta Indeks Bahaya Banjir Bandang dengan Peta Penggunaan Lahan dengan hasilnya adalah terdapat penggunaan-penggunaan lahan yang berada di kerentanan sangat tinggi. Adapun formula yang digunakan dalam analisis ini sebagai berikut;

**Tabel 5.** Parameter kerentanan fisik

Parameter	Bobot (%)	Kelas			
		Sangat rendah	Rendah	Tinggi	Sangat tinggi
Rumah	40	0 juta	<100 juta	100-200 juta	>200 juta
Fasilitas Umum	30	0 juta	<200 juta	200-400 juta	>400 juta
Fasilitas Kritis	30	0 juta	<200 juta	200-400 juta	>400 juta

Sumber ; Badan Nasional Penanggulangan Bencana

#### Kerentanan Fisik

$$= (0,4 * SR) + (0,3 * SFU) + (0,3 * SFK)$$

Keterangan

*SR* ; skor rumah

*SFU* ; skor fasilitas umum

*SFK* ; skor fasilitas kritis

Setelah didapat hasil tingkat kerentanan fisik, maka diperoleh kesimpulan penggunaan lahan yang ada di zona bahaya banjir bandang memiliki kerentanan fisik yang tinggi sehingga berpotensi terjadinya kerusakan akibat terjadinya banjir bandang.

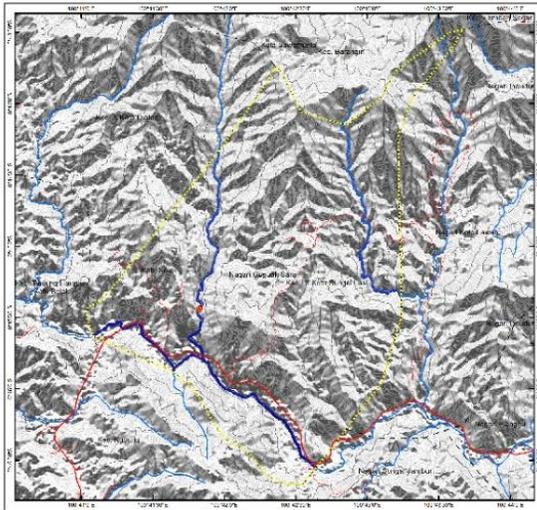
### 3. Hasil Penelitian

#### 3.1 Penentuan Tingkat Bahaya Banjir Bandang

##### 3.1.1 Jaringan Sungai

Jaringan sungai yang dipilih berdasarkan riwayat terjadinya banjir bandang dan berpotensi terjadinya longsor di hulu sungai. Data jaringan sungai berformat *shapefile* kemudian di buat sempadan sungai dengan jarak 1000 meter dan citra DEMNAS dipotong berdasarkan luasan sempadan sungai. Jaringan sungai berformat *raster* dengan informasi adanya elevasi sungai.

Hasil yang diperoleh adalah luas sempadan sungai yang akan dianalisis adalah 902 ha dengan elevasi antara 1054.25 mdpl - 353.95 mdpl. Citra DEMNAS hasil *cropping* juga digunakan untuk indentifikasi elevasi sungai dengan hasil adalah jaringan sungai ada di ketinggian 364.04 mdpl sampai 778.66 mdpl.



**Gambar 3. Peta Elevasi Sungai Sumber** ; Hasil analisis data tahun 2021

### 3.1.2 Penentuan Tinggi Genangan Banjir Bandang

Penambahan tinggi genangan 5 meter (Kementerian PU 2012) digunakan sebagai *cost raster* untuk analisis *cost distance (cost dist)*. Data tinggi genangan 5 meter berformat *raster* didefinisikan sebagai elevasi genangan 5 meter. Data *raster* tinggi genangan 5 meter akan dikalkulasikan dengan elevasi sungai sehingga hasilnya didefinisikan sebagai elevasi genangan 5 meter.

**Tabel 6.** Elevasi sungai dan akumulasi tinggi genangan

Lokasi	Elevasi (mdpl)	Tinggi Genangan (meter)	Akumulasi Tinggi Genangan (meter)
A	619,390	5	624,390
B	557,000	5	562,000
C	524,600	5	529,600
D	503,860	5	508,860
E	477,500	5	482,500

Lokasi	Elevasi (mdpl)	Tinggi Genangan (meter)	Akumulasi Tinggi Genangan (meter)
F	429,100	5	434,100
G	419,560	5	424,560
H	409,370	5	414,370
I	406,700	5	411,700
J	402,600	5	407,600
K	402,350	5	407,350

Sumber ; Pengolahan data sekunder

### 3.1.3 Perhitungan *Cost distance*

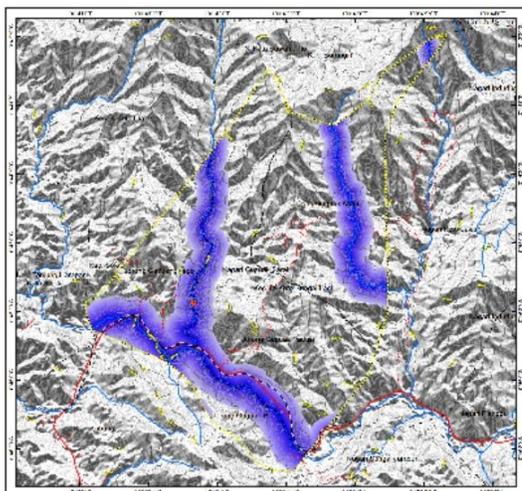
Bedasarkan Peta *Cost Distance*, sebaran titik sampel koordinat yang dekat dengan sungai memiliki nilai *cost dist* sebesar 0. Sedangkan sebaran titik sampel koordinat dengan elevasi yang lebih tinggi dari sungai, memiliki nilai *cost dist* yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *cost dist* di sungai. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *cost dist*, maka ketinggian genangan semakin rendah karena elevasi topografinya jauh dari elevasi sungai. Jika ditumpang tindihkan dengan Peta Ketinggian, maka nilai *cost distance* terendah tersebar di kawasan berada di sekitar aliran sungai. Jadi nilai *cost raster* sebesar 0,0000 dapat didefinisikan sebagai tinggi genangan 5 meter. Berikut hasil perhitungan *cost distance*.

**Tabel 7.** *Cost distance* tinggi genangan

Lokasi	Elevasi (mdpl)	<i>Cost distance</i>
A	619,390	5152,070
B	557,000	4636,780
C	524,600	4367,610
D	503,860	4189,640
E	477,500	3946,140
F	429,100	3605,910
G	419,560	3490,120

Lokasi	Elevasi (mdpl)	Cost distance
H	409,370	3404,350
I	406,700	3379,650
J	402,600	12814,700
K	402,350	16719,801

Sumber ; Pengolahan data sekunder

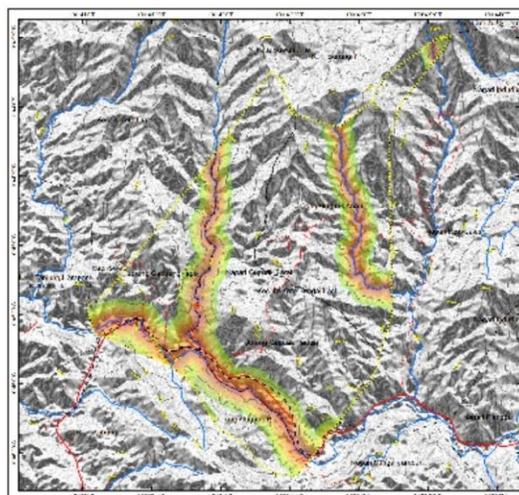


**Gambar 4.** Cost distance tinggi genangan

Sumber ; Hasil analisis data tahun 2021

### 3.1.4 Perhitungan *Fuzzy membership*

*Value cost distance* (akumulasi ketinggian genangan) yang dihasilkan kemudian di konversi berdasarkan perhitungan keanggotaan *fuzzy linier* dimana nilai keanggotaan *fuzzy*  $1 \times >$  max mewakili *value cost distance* tertinggi yaitu 144956 dan nilai keanggotaan *fuzzy*  $0 \times <$  min mewakili *value cost distance* terendah yaitu 0,0000 Adapun hasil perhitungan *fuzzy membership* pada tabel berikut ini;



**Gambar 5.** Peta *Fuzzy membership* linier kedalaman genangan banjir bandang

Sumber ; Hasil analisis data tahun 2021

**Tabel 8.** *Fuzzy Membership* tinggi genangan

Lokasi	Elevasi (mdpl)	Cost distance	<i>Fuzzy membership</i>
A	619,390	5152,70	0,009
B	557,000	4636,780	0,008
C	524,600	4367,610	0,008
D	503,860	4189,640	0,007
E	477,500	3946,140	0,007
F	429,100	3605,910	0,006
G	419,560	3490,120	0,006
H	409,370	3404,350	0,006
I	406,700	3379,650	0,006
J	402,600	12814,700	0,023
K	402,350	16719,801	0,030

Sumber ; Pengolahan data sekunder

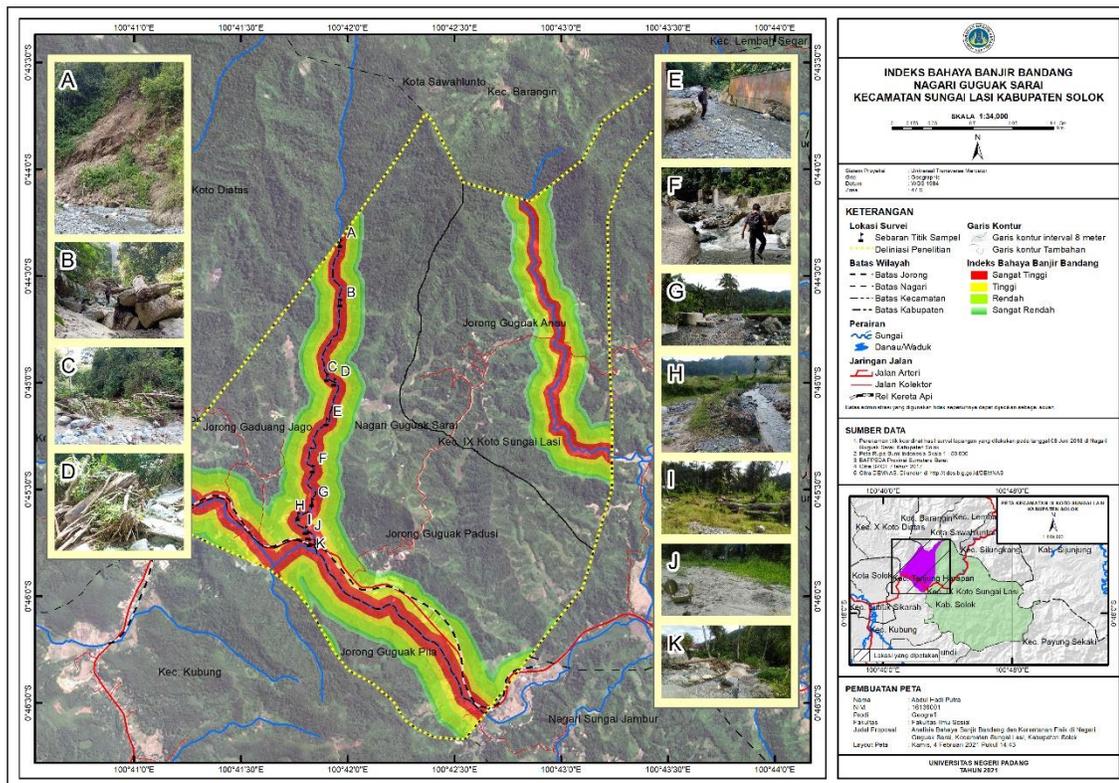
### 3.1.5 Indeks Bahaya Banjir Bandang

Hasil perhitungan *fuzzy membership* bahaya banjir bandang kemudian diubah menjadi indeks bahaya banjir bandang yang terdiri dari 4 kelas yaitu kelas sangat tinggi, kelas tinggi, kelas rendah, dan kelas sangat

rendah dengan format *shapefile*. Interval ditentukan berdasarkan hasil ground check ke lapangan dan elevasi topografi di sempadan sungai yang kemudian di verifikasi dengan hasil perhitungan *fuzzy membership*. Nilai interval yang ditentukan adalah 0-0,030 untuk indeks sangat tinggi, 0,031-0,060 untuk indeks tinggi, 0,061-0,090 untuk indeks rendah, dan 0,091-1 untuk indeks sangat rendah. Masing-masing kelas akan dianalisis untuk mengetahui luas masing-masing kelas bahaya banjir bandang.

Hasil dari analisis ini adalah kawasan terdampak genangan banjir

bandang berdasarkan luas total indeks bahaya banjir bandang di Nagari Guguak Sarai mencapai 463,28 hektar. Secara administrasi, Nagari Guguak Sarai memiliki 4 jorong yang terdiri dari Jorong Guguak Padusi, Jorong Gaduang Jago, Jorong Guguak Pila, dan Jorong Guguak Anau. Apabila diketahui perhitungan kawasan bahaya banjir bandang berdasarkan kawasan terdampak genangan (kelas sangat bahaya, bahaya, dan rendah), maka Jorong Guguak Padusi merupakan jorong yang berpotensi bahaya banjir bandang terparah dengan luas mencapai 112,54 hektar dari luas total



**Gambar 6.** Peta Indeks bahaya banjir bandang  
Sumber ; Hasil analisis data tahun 2021

kawasan bahaya banjir bandang. Jorong Guguak Pila merupakan jorong yang memiliki luas tingkat sangat bahaya terkecil dengan luas total 81,67 hektar dari luas total kawasan tingkat bahaya banjir bandang. Jika dilihat dari kawasan yang tidak terdampak genangan banjir bandang, maka mengacu berdasarkan kelas sangat rendah bahaya banjir bandang. Jorong Guguak Padusi merupakan jorong tidak terdampak genangan banjir bandang terluas yang mencapai 436,72 hektar. Jorong Guguak Pila merupakan jorong yang kawasan tidak terdampak genangan terkecil dengan luas mencapai 50,69 hektar.

**Tabel 9.** Peta Indeks Bahaya Banjir Bandang

Jorong	Indeks	Luas (hektar)
Jorong Gaduang Jago	Bahaya	26,216
	Rendah	30,297
	Sangat	
	Bahaya	27,632
	Rendah	119,152
<b>Luas Total</b>		<b>203,297</b>
Jorong Guguak Anau	Bahaya	27,402
	Rendah	36,713
	Sangat	
	Bahaya	30,881
	Rendah	356,239
<b>Luas Total</b>		<b>451,234</b>
Jorong Guguak Padusi	Bahaya	31,119
	Rendah	43,684
	Sangat	
	Bahaya	37,735
	Rendah	436,715
<b>Luas Total</b>		<b>549,253</b>

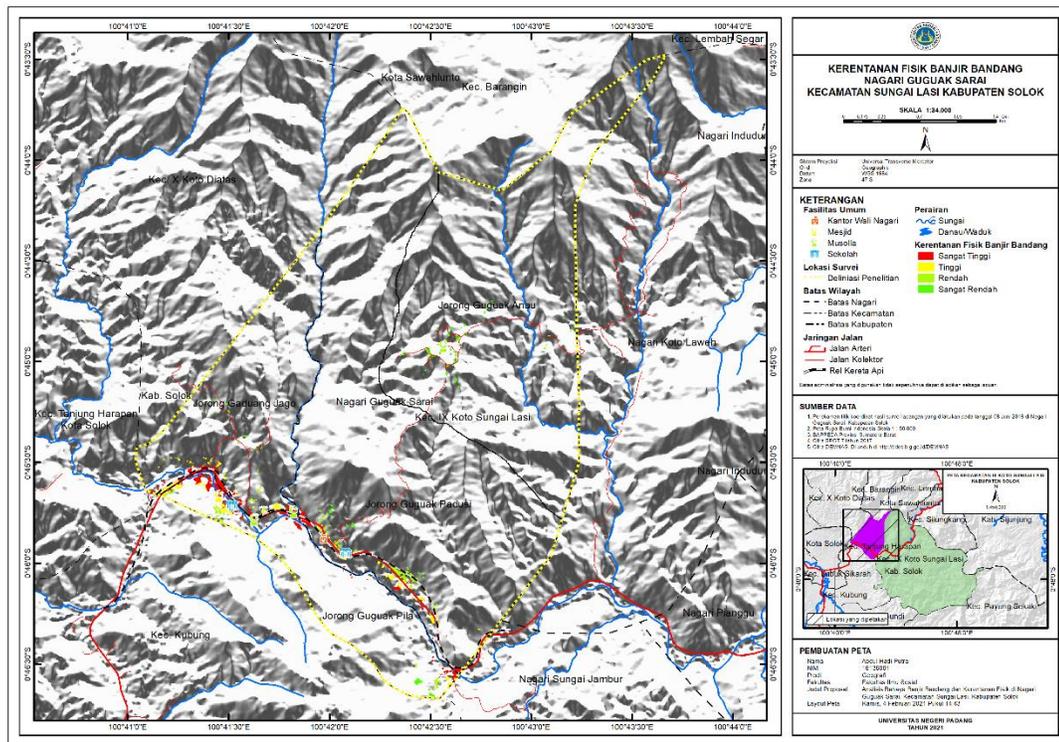
Jorong Guguak Pila	Bahaya	22,931
	Rendah	27,427
	Sangat	
	Bahaya	31,312
	Rendah	50,686
<b>Luas Total</b>		<b>132,356</b>
<b>Total</b>		<b>1336,139</b>

Sumber ; Pengolahan data sekunder

### 3.2. Penentuan Kerentanan Fisik Banjir Bandang

Di Nagari Guguak Sarai, luas pemukiman mencapai 12,33 hektar. Pemukiman terluas ada di Jorong Guguak Pila dengan luas 4,25 hektar dan pemukiman yang luasnya terkecil ada di Jorong Guguak Anau dengan luas 1,06 hektar. Jika di tumpang tindihkan dengan Peta Indeks Bahaya Banjir Bandang, maka diketahui luas pemukiman yang memiliki kerentanan fisik sangat tinggi ada di Jorong Guguak Pila dengan luas terdampak mencapai 2,43 hektar. Jorong Guguak Anau merupakan jorong yang satu-satunya tidak terdampak genangan banjir bandang terparah (kelas kerentanan sangat tinggi). Jorong Guguak Anau merupakan jorong yang kawasan pemukiman yang tidak terdampak banjir bandang terluas yang mencapai 1,06 hektar.

Jumlah fasilitas umum di Jorong Gaduang Jago lebih banyak dibandingkan dengan jorong lainnya dengan jumlah 4 unit bangunan yang terdiri dari 1 mesjid, 2 musolla, dan 1 sekolah. Semua fasilitas umum ada di



**Gambar 7.** Peta kerentanan fisik banjir bandang  
**Sumber ;** Hasil analisis data tahun 2021

kelas sangat rentan dengan potensi kerugian mencapai lebih dari 400 juta setiap unit bangunan.

**Tabel 10.** Luas kerentanan fisik bahaya banjir bandang berdasarkan jorong

Jorong	Lahan	Kerentan nan	Kerugian (rupiah)	Luas (ha)
Jorong Gaduang Jago	Pemukiman	Sangat Rendah	0 rupiah	0,171
		Rendah	<100 juta	0,141
		Rentan	100 - juta	1,115
		Sangat Tinggi	>200 juta	1,788
<b>Total</b>	Mussola	Sangat Tinggi	>400 juta	
				<b>3,215</b>
Jorong Guguak Anau	Pemukiman	Sangat Rendah	0 rupiah	1,025
		Rendah	<100 juta	0,033
		Tinggi	100 - 200 juta	0,000

Jorong	Lahan	Kerenta nan	Kerugian (rupiah)	Luas (ha)
<b>Total</b>	Mussola	Sangat Rendah	0 rupiah.	
				<b>1,058</b>
Jorong Guguak Padusi	Pemukiman	Sangat Rendah	0 rupiah.	0,236
		Rendah	<200 juta	1,348
		Tinggi	100 – 200 juta	1,485
<b>Total</b>	Kantor Wali Nagari	Sangat Tinggi	>200 juta	0,733
		Tinggi	200 – 400 juta	
				<b>3,802</b>
Jorong Guguak Pila	Pemukiman	Sangat Rendah	0 rupiah	0,310
		Rendah	<100 juta	0,593
		Tinggi	100 - 200 juta	0,915

Jorong	Lahan	Kerentan	Kerugian (rupiah)	Luas (ha)
		Sangat Tinggi	>200 juta	2,434
	Mesjid	Sangat Tinggi	>400 juta	
	Sekolah	Sangat Tinggi	>400 juta	
	Mussola	Sangat Tinggi	>400 juta	
<b>Total</b>				<b>4,252</b>
<b>Grand Total</b>				<b>12,328</b>

Sumber ; Pengolahan data sekunder

#### Keterangan

Untuk kelas pemukiman, terdiri dari ;

- Rumah permanen. Estimasi harga mencapai 100 juta per unit
- Rumah semi permanen. Estimasi harga antara antara 100 - 200 juta per unit
- Ruko (rumah dan toko). Estimasi harga lebih dari 200 juta per unit.

#### 4. Pembahasan

Merujuk kepada Buku Risiko Bencana Indonesia, prinsip dari pembuatan Peta Bahaya Banjir Bandang adalah tinggi genangan banjir bandang dengan lokasi kerawanan dipilih berdasarkan daerah bahaya longsor di hulu sungai sebagai pemicu awal terjadinya banjir bandang. Data dasar yang digunakan dalam pengolahan metode ini menggunakan data DEM untuk mengetahui elevasi topografi, elevasi sungai, dan elevasi tinggi genangan. Pedoman yang dikeluarkan oleh Kementerian PU tahun 2011 dan adanya modifikasi metodologi menghasilkan Peta Bahaya Banjir Bandang dengan penentuan indeks berdasarkan metode *fuzzy logic*.

Bedasarkan hasil perhitungan *cost distance*, adanya perbedaan nilai *cost dist* yang dihasilkan dari perhitungan simpul tersebut. Nilai *cost dist* 0,0000 ada dikawasan dengan elevasi terendah dan disekitar sungai memanjang dari hulu hingga hilir sungai, akan tetapi nilai *cost dist* di kawasan hilir sungai jauh lebih rendah dari pada nilai *cost* di hulu sungai. Sistem *numerik* yang dihasilkan menjelaskan bahwa nilai *cost dist* 0,0000 merupakan kawasan yang dilewati luapan banjir dan nilai *cost dist* lebih dari 99999 hingga 0,0000 yang ada di sekitar sungai atau di kawasan elevasi yang rendah merupakan daerah rentan terciptanya genangan akibat dari luapan banjir bandang tersebut. Nilai *cost* 99999 menjelaskan bahwa merupakan topografi dengan elevasi yang lebih tinggi dan daerah yang minim risiko terdampak banjir bandang. Dari hasil perhitungan tersebut, Faktor topografi dan elevasi berkaitan erat dengan daerah tergenang akibat luapan banjir bandang. Sistem jaringan sungai yang sempit dengan perbukitan dikiri kanan sungai sebagai media transportasi air hujan mampu menampung debit air dalam jumlah yang besar. Faktor longsor sebagai pemicu pembentukan bendungan alam di hulu sungai dapat dijadikan pemicu awal terkumpulnya massa air dalam jumlah yang besar. Sehingga meningkatkan risiko adanya luapan banjir bandang. Jika merujuk

pada Qiong Li (2018) Topografi sangat erat kaitannya dengan tingkat risiko banjir. Secara umum, pengaruh topografi pada formasi banjir terutama diwujudkan dalam dua aspek: ketinggian relatif dan medan mengubah derajat. Oleh karena itu, penelitian ini didasarkan pada elevasi sungai, elevasi topografi, dan ketinggian genangan relatif sebagai indikator topografi untuk mencerminkan daerah terdampak luapan banjir bandang.

Ernawati (2016) menjelaskan bahwa banjir bandang terjadi dengan kondisi penampang sungai yang sempit dengan lebar mencapai 40 meter, kemiringan lereng landai (0-8 %), insentitas curah hujan lebar mencapai 12,6-50 mm/jam dan koofisien limpasan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai dari intensitas curah hujan akan menimbulkan kemungkinan besar terjadi banjir namun dengan pengaruh dari indeks kerapatan, luas penampang serta kemiringan lereng DAS. Jika luas penampang semakin besar dan kemiringan semakin curam maka kemungkinannya adalah tidak terjadi banjir bandang. Luas penampang DAS yang sempit cenderung menurunkan laju limpasan daripada DAS yang berbentuk melebar meski luas keseluruhan dari keduanya sama.

Tidak ada batasan resiko banjir bandang yang jelas yang membuat klasifikasi indikator menjadi kabur dan

tidak pasti (Chen dan Guo 2006). Dalam penelitian untuk mengkaji tingkat bahaya banjir bandang, kendala utama yang dihadapi dalam analisis ini adalah adanya perbedaan tinggi genangan yang bersifat mutlak berdasarkan hasil perhitungan karena citra DEMNAS yang digunakan untuk mengkaji tinggi genangan; memiliki resolusi 8,1 meter.

Jika di lakukan evaluasi di lapangan, ketinggian genangan yang terbentuk bisa saja berubah yang dipengaruhi faktor lain seperti perubahan tinggi dataran *aluvial* akibat erosi, pengikisan dan penurunan sempadan sungai akibat erosi, dan penumpukan sedimen sehingga menambah elevasi di daerah tersebut. Hal ini disimpulkan bahwa faktor topografi dan bentuk lahan dalam penentuan indikator banjir bandang menjadi sulit dan kabur. Seperti halnya pada riset yang dilakukan oleh Fan et al. 2008 bahwa faktor bentuk lahan dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi terjadinya banjir bandang. Sedangkan menurut Deng 2008, karakteristik utama dari sistem bencana alam adalah ketidakpastian dan kompleksitas. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan dengan menggunakan metode *fuzzy logic*.

Kondisi topografi Nagari Guguak Sarai terdiri perbukitan sempit dengan lembah yang berkemiringan lerengnya mencapai 60 derajat. Jaringan sungai

memiliki karakteristik penampang berbentuk "V" dengan arus air yang sangat deras. Satuan bentuk lahan di Nagari Guguak Sarai adalah dataran *aluvial* yang diapit oleh perbukitan struktural. Perbedaan elevasi di dataran *aluvial* mempengaruhi tinggi genangan akibat luapan banjir bandang. Luapan banjir bandang di Nagari Guguak Sarai yang dipengaruhi oleh runtuhnya bendungan alam di hulu sungai. Luapan banjir bandang membentuk tinggi genangan mencapai 5 meter yang terbentuk di pinggiran sungai dengan luas tergenang dipengaruhi oleh faktor topografi. Di hulu sungai, disisi kiri-kanan sungai yang terdiri dari perbukitan tinggi genangan yang terbentuk mencapai 5 meter. Setelah melewati titik *apex*, banjir bandang meluap hingga menjauh dari sungai seiring dengan mulai rendahnya tinggi genangan. Luas kawasan tergenang dipengaruhi perbedaan elevasi dan topografi di hilir sungai. Pada umumnya, topografi di hilir sungai adalah dataran rendah dengan elevasi yang lebih rendah sehingga potensi penyebaran luapan air semakin luas tetapi ketinggian genangan semakin berkurang. Untuk mengetahui zonasi bahaya banjir bandang berdasarkan tinggi genangan, dilakukan analisis perhitungan dengan menggunakan *cost distance*. Akan tetapi probabilitas yang diperoleh belum diketahui zonasi dimana yang memiliki bahaya tinggi

hingga bahaya terendah. Maka diperlukan analisis ketidakpastian dengan menggunakan *fuzzymathematic* (Qiong Li 2018). Teori himpunan *fuzzy* (Zadeh 1965), yang berhubungan dengan ketidakpastian dan memungkinkan penggabungan file pendapat para pengambil keputusan, dapat memberikan alat yang tepat untuk menetapkan risiko bencana sistem manajemen, seperti berbasis aturan *fuzzy* teknik dan kombinasi dari pendekatan *fuzzy* dengan teknik lain.

Bedasarkan hasil analisis tinggi genangan banjir bandang, maka dilakukan pembagian kelas indeks bahaya bedasarkan ketinggian genangan. Setiap kelas memiliki perbedaan dampak akibat tinggi genangan akibat luapan banjir bandang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kawasan yang memiliki risiko bahaya banjir bandang. Hasil dari pemetaan bahaya banjir bandang di Nagari Guguak Sarai dibagi menjadi 4 kelas. Pada kelas sangat tinggi merupakan kelas dengan ketinggian genangan yang terbentuk dengan tinggi mencapai 5 meter lebih. Genangan ini terakumulasi di sungai hingga pinggir sungai yang arus luapannya sangat deras, bersifat merusak dan menghanyutkan objek apa saja yang dilewatinya. Di kawasan ini, luapan banjir bandang mampu membawa bongkahan batuan besar hingga kecil, pasir, lumpur, kayu gelondongan, kendaraan, hingga

rumah. Pada kelas tinggi merupakan kelas yang tinggi genangan antara 1,6 meter sampai 3,3 meter. Pada ketinggian ini, bersifat merusak dan mulai terbentuk pengendapan yang sumber sedimennya berasal dari hulu sungai dan sedimen yang terbawa arus banjir bandang akibat dari hasil pengikisan. Kelas rendah merupakan kelas yang kawasan terdampak banjir bandang tapi sudah jauh dari sungai. Tinggi genangan yang terbentuk kurang dari 1,6 meter. Sifatnya tidak merusak tetapi lokasi pengendapan sedimen hasil transport dari arus luapan dengan ketebalan sedimen yang rendah. arus luapan di kawasan ini sangat lemah karena ketinggian kawasan ini sudah jauh melebihi dari sungai. Kelas sangat rendah merupakan kawasan yang tidak terdampak banjir bandang.

Nagari Guguak Sarai dilewati 3 jaringan sungai. Apabila diketahui perhitungan kawasan bahaya banjir bandang berdasarkan kawasan terdampak genangan (kelas sangat tinggi, tinggi, dan rendah), maka Jorong Guguak Padusi merupakan jorong yang berpotensi bahaya banjir bandang terparah dengan luas mencapai 112,54 hektar dari luas total kawasan bahaya banjir bandang. Jika ditinjau dari kondisi lapangan, Luas kawasan bahaya banjir bandang kelas sangat tinggi 37.74 ha. Hal ini terlihat pada hasil survei lapangan yang didokumentasikan pada gambar 3.4

titik G, kondisi topografi di jorong ini terdiri dari dataran *aluvial* yang dialiri 2 jaringan sungai. Dataran *aluvial* ini diapit lembah sempit yang memanjang dari utara hingga selatan. Hal ini terlihat pada gambar 3.4 titik K terdapat tumpukan kayu gelondongan di aliran sungai dengan posisi koordinat -0.7621782, 100.6974167. Pada gambar 3.4 titik F dan h merupakan dataran tinggi yang dekat dengan perbukitan. Kawasan tersebut merupakan kelas tinggi karena kawasan tersebut terdampak genangan banjir bandang dengan tinggi antara 1 sampai 3 meter. Hal ini terlihat pada gambar 3.4 titik J dan H yang merupakan endapan sedimen, gelondongan kayu, dan bekas pengikisan di sempadan sungai. Untuk kelas rendah, karena jauh dari aliran sungai, kerusakan lahan akibat luapan banjir bandang tidak terlalu jelas untuk di dokumentasikan.

Perbedaan elevasi antara titik apex dan kemiringan lereng antara 25-30 derajat yang sewaktu-waktu adanya potensi longsor yang memicu pembentukan bendungan alam. Jumlah debit dan kenaikan volume air sungai yang semakin membesar akibat hujan deras memicu runtuhnya bendungan alam dan mengakibatkan terjadinya luapan banjir bandang. Pada gambar 3.4 titik A dengan posisi -0.738548, 100.699467 merupakan pemicu awal terjadinya banjir bandang di Nagari Guguak Sarai. Kondisi topografi di

kelas sangat tinggi dan tinggi ini menjadikan jorong guguk padusi memiliki kerawanan banjir bandang yang sangat tinggi. Jorong Guguk Pila merupakan jorong yang memiliki luas tingkat sangat bahaya terkecil dengan luas total 81,67 hektar dari luas total kawasan tingkat bahaya banjir bandang. Berdasarkan kondisi topografi, Jorong Guguk Pila terdiri dari lembah perbukitan dan dataran *aluvial*. Di jorong ini hanya dilewati satu sungai dan kawasan bahaya di jorong ini dipengaruhi dari luapan banjir bandang yang berasal dari hulu Batang Batimpo di Jorong Guguk Padusi dan Jorong Guguk Anau.

Akibat dari luapan banjir bandang adalah kerusakan fisik rumah dan fasilitas umum. Penentuan kelas kerentanan fisik berdasarkan bahwa jika suatu rumah dan fasilitas umum ada di kawasan dengan kelas kerentanan fisik sangat tinggi memiliki potensi kerugian harga rumah lebih dari 200 juta dan fasilitas umum 400 juta karena di kawasan tersebut kawasan yang berstatus sangat tinggi bahaya banjir bandang. Jika suatu pemukiman dan fasilitas umum ada di kawasan yang lebih rendah kelas bahaya banjir bandang, maka potensi nilai kerugian semakin kecil. Penentuan ini juga mengaju kepada hasil survei lapangan tentang riwayat kejadian banjir bandang yang terjadi pada bulan Desember tahun 2017. Di Nagari

Guguk Sarai, Potensi kerusakan rumah terparah ada di Jorong Guguk Pila dan potensi kerusakan fasilitas umum terparah ada di Jorong Gaduang Jago karena kondisi topografi di jorong ini merupakan dataran *aluvial* dan kipas *aluvial*. Satuan bentuk lahan tersebut memiliki karakteristik yaitu kawasan pengendapan akibat luapan banjir bandang. Selain itu, luapan banjir bandang datang secara tiba-tiba dan arus banjir bandang yang cepat yang menjadi permasalahan jika pemukiman yang ada di kawasan tersebut berpotensi tinggi nilai kerugian dan kerusakan pemukiman di Jorong Guguk Pila dan fasilitas umum di Jorong Gaduang Jago.

Jorong Guguk Pila memiliki potensi kerentanan fisik tertinggi yang luas total setiap kelas sangat tinggi, tinggi, dan rendah mencapai 3,94 hektar dibandingkan dengan jorong lainnya. Hal ini dikarenakan jorong ini dilewati kawasan bahaya banjir bandang yang luasnya mencapai 81,67 hektar dan jorong ini memiliki luas pemukiman terpadat dengan luas mencapai 4,25 hektar. Selain itu pemukiman di Jorong Guguk Pila ini terkonsentrasi di area sempadan sungai sungai sehingga berpotensi terjadinya kerusakan dan kerugian akibat luapan banjir bandang. Adapun total potensi kerugian lebih dari 200 juta rupiah setiap unit bangunan. Untuk kerentanan fisik fasilitas umum, Jorong Gaduang

Jago berpotensi memiliki kerugian lebih dari 400 juta rupiah setiap unit bangunan. Persebaran fasilitas umum ada di kawasan sempadan sungai yang menjadi pemicu terjadinya kerusakan parah.

Konsetrasi pemukiman menyebar di punggung bukit dan dataran tinggi sehingga tidak adanya potensi kerusakan akibat luapan banjir bandang. Persebaran pemukiman di punggung bukit dan dataran tinggi termasuk kedalam kerentanan fisik kelas sangat rendah. Jorong Guguak Anau merupakan jorong yang persebaran pemukiman di punggung bukit dan dataran tinggi terluas yang mencapai 1,02 hektar. Selain itu, Jorong Guguak Anau memiliki 1 musolla di kawasan tidak rawan banjir bandang karena posisi musolla ada di perbukitan dan jauh dari aliran sungai.

Persebaran pemukiman akan berdampak kepada potensi kerusakan akibat luapan banjir bandang, konsentrasi pemukiman dan fasilitas umum dekat dengan sungai memiliki risiko kerusakan dan kerugian besar karena disekitar sungai merupakan kawasan meluapnya air dan membentuk genangan yang tingginya dipengaruhi topografi disekitar sungai. Semakin jauh kawasan pemukiman dari sungai, maka semakin kecil potensi kerusakan dan kerugian. Faktor topografi juga mempengaruhi tingkat kerusakan pemukiman. Persebaran

pemukiman dan fasilitas umum memanjang mengikuti sungai dengan topografi dataran memiliki risiko kerusakan dan kerugian yang lebih besar dibandingkan persebaran pemukiman dan fasilitas umum di dataran tinggi dan perbukitan.

## 5. Kesimpulan

Bedasarkan Peta Indeks Bahaya Banjir Bandang, Nagari Guguak Sarai termasuk nagari yang berpotensi terjadinya banjir bandang dengan luas yang akan terdampak mencapai 373,347 ha. Jika ditinjau dari jorong yang memiliki tingkat bahaya tertinggi, Jorong Guguak Padusi merupakan jorong yang berpotensi bahaya banjir bandang terparah dengan luas mencapai 112,54 hektar dari luas total kawasan bahaya banjir bandang. Jorong Guguak Anau merupakan jorong terluas kedua dengan luas kawasan bahaya mencapai 94.99 hektar. Selanjutnya, Jorong Gaduang Jago memiliki luas kawasan bahaya mencapai 84.14 hektar. Jorong Guguak Pila merupakan jorong yang memiliki luas bahaya terkecil dengan luas mencapai 81.67 hektar.

Bedasarkan Peta Kerentanan Fisik banjir bandang, parameter kerentanan fisik di Nagari Guguak Sarai terdiri dari rumah dan fasilitas umum. Jika ditinjau dari tingkat kerusakan terparah, potensi kerusakan rumah terparah ada di Jorong Guguak Pila dan potensi kerusakan fasilitas umum terparah ada di Jorong

Gaduang Jago karena kondisi topografi jorong merupakan dataran *aluvial* dan kipas *aluvial*. Jorong Guguak Pila memiliki potensi kerentanan fisik tertinggi yang luas total setiap kelas sangat tinggi, tinggi, dan rendah mencapai 3,94 hektar dibandingkan dengan jorong lainnya. Adapun total potensi kerugian lebih dari 200 juta rupiah setiap unit bangunan. Untuk parameter fasilitas umum, Jorong Gaduang Jago berpotensi memiliki kerugian mencapai 400 juta rupiah setiap unit bangunan.

## 6. Daftar Pustaka

- Akbar, R. (2017, Desember 10). Solok Diterjang Banjir Bandang dan Longsor, Puluhan Rumah Terendam dan Satu Warga Hilang. Dipetik Januari 29, 2019, dari Sindo News: <https://daerah.sindonews.com/read/1264491/174/solak-diterjang-banjir-bandang-dan-longsor-puluhan-rumah-terendam-dan-satu-warga-hilang-1512907379>
- BNPB. (2007). Penanggulangan Bencana. Jakarta: Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007.
- BNPB. (2012). Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Jakarta: PERKA BNPB Nomor 02 Tahun 2012.
- BNPB. (2016). Hasil Kajian Risiko Bencana, Gambaran Singkat Banjir Bandang. Dalam BNPB, Risiko Bencana Indonesia (hal. 112). Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. (2016). Risiko Bencana Indonesia. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. (2017). Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Dipetik Maret 26, 2019, dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana: <https://bnpb.go.id/definisi-bencana>
- Faisol, I. d. (2012). BAB 10 Cost-Distance Analysis, Cost Weight Distance, *Cost distance* Analysis dan Cost Allocation Analysis. Dalam I. d. Faisol, Konsep Dasar Analisis Spasial (hal. 157-163). Jember: C.V ANDI OFFSET.
- Faisol, I. d. (2012). BAB 11 Analisis Spasial Data Vektor, Proximity atau Analisis Kedekatan. Dalam I. d. Faisol, Konsep Dasar Analisis Spasial (hal. 182-183). Jember: C.V ANDI OFFSET.
- PU. (2012). Pedoman Pembuatan Peta Rawan Longsor Dan Banjir Bandang Akibat Runtuhnya Bendungan Alam. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [pusatkritis.kemkes.go.id](http://pusatkritis.kemkes.go.id). (2017, Desember 13). Pusat Krisis Kementerian Kesehatan. Dipetik Maret 26, 2019, dari Pusat Krisis Kementerian Kesehatan: <http://pusatkritis.kemkes.go.id/Banjir%20Bandang-di-KAB.%20SOLOK-SUMATERA%20BARAT-10-12-2017-69>