

**PEMETAAN INTENSITAS GEMPA BUMI DI WILAYAH  
SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN MODEL  
*EPIDEMIC TYPE AFTERSHOCK SEQUENCE (ETAS)*  
*SPATIO-TEMPORAL***

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Statistika*



**Oleh  
HIDAYATUL FIKRA  
NIM. 20337006**

**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2024**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**PEMETAAN INTENSITAS GEMPA BUMI DI WILAYAH SUMATERA  
BARAT MENGGUNAKAN MODEL *EPIDEMIC TYPE AFTERSHOCK  
SEQUENCE (ETAS) SPATIO-TEMPORAL***

Nama : Hidayatul Fikra  
NIM : 20337006  
Program Studi : S1 Statistika  
Departemen : Statistika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 10 Juni 2024

Mengetahui :  
Kepala Departemen Statistika



Dr. Yenni Kurniawati, M.Si.  
NIP. 198402232010122005

Disetujui Oleh :  
Pembimbing



Dina Fitria M.Si.  
NIP. 172019

**PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI**

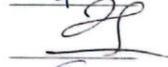
Nama : Hidayatul Fikra  
NIM : 20337006  
Program Studi : S1 Statistika  
Departemen : Statistika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PEMETAAN INTENSITAS GEMPA BUMI DI WILAYAH SUMATERA  
BARAT MENGGUNAKAN MODEL *EPIDEMIC TYPE AFTERSHOCK  
SEQUENCE (ETAS) SPATIO-TEMPORAL***

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen  
Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 10 Juni 2024

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Dina Fitria M.Si.	
Anggota	1. Dra. Nonong Amalita M.Si.	
	2. Tessy Octavia Mukhti M.Stat.	

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hidayatul Fikra  
NIM : 20337006  
Program Studi : S1 Statistika  
Departemen : Statistika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul "Pemetaan Intensitas Gempa Bumi di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Model Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS) *Spatio-Temporal*" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dan etika yang berlaku dalam tradisi keilmuan. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun masyarakat dan negara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 15 Juli 2024

Mengetahui :  
Kepala Departemen Statistika



Dr. Yenni Kurniawati, M.Si  
NIP. 198402232010122005

Saya yang menyatakan,



Hidayatul Fikra  
NIM. 20337006

**Pemetaan Intensitas Gempa Bumi di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan  
Model *Epidemic Type Aftershock Sequence* (ETAS)  
*Spatio-Temporal***

**Hidayatul Fikra**

**ABSTRAK**

Kemunculan gempa bumi dengan karakteristik acak secara spasial maupun temporal membuat hal ini terus dikaji dalam aspek seismologi dan stokastik. Salah satu proses stokastik yang dapat menjelaskan aktivitas gempa bumi adalah proses titik. Salah satu model dalam proses titik adalah model *Epidemic Type Aftershock Sequence* (ETAS) *spatio-temporal*, yaitu model yang merepresentasikan kejadian alam yang bersifat acak pada waktu dan lokasi tertentu. Tujuan penelitian ini untuk pemetaan intensitas gempa bumi di wilayah Sumatera Barat menggunakan model ETAS *spatio-temporal*.

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari *website United State Geological Survey* (USGS) yaitu data gempa bumi di wilayah Sumatera Barat dengan ambang batas magnitudo 4 SR pada kedalaman  $\leq 70$  km periode Januari 2000 sampai Januari 2024. Indikator yang digunakan pada penelitian ini adalah waktu kejadian gempa bumi, *longitude*, *latitude*, dan magnitudo gempa bumi.

Hasil penelitian menunjukkan di wilayah Sumatera Barat terdapat 1,24 laju gempa utama dengan 0,29 produktivitas gempa susulan, sedangkan laju peluruhan gempa susulan sebesar 1,03 dengan 0,01 skala waktu dan 1,78 skala jarak peluruhan gempa susulan, dengan jarak episenter ke-koordinat titik gempa bumi sebesar 82,58. Efisiensi kejadian gempa bumi yang menghasilkan gempa susulan sebesar 1,18 sedangkan efisiensi gempa bumi yang independen terhadap produktivitas gempa susulan sebesar 0,35. Hasil akurasi model berdasarkan nilai AIC adalah sebesar 39241,10. Berdasarkan hasil estimasi parameter diperoleh wilayah Sumatera Barat yang mempunyai intensitas tinggi terhadap gempa bumi adalah wilayah pesisir yaitu disekitar daerah Pasaman Barat, Padang, Kepulauan Mentawai dan Pesisir Selatan. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut rentan terhadap bencana seismik.

Kata Kunci : ETAS *Spatio-Temporal*, Fungsi Intensitas Bersyarat, Gempa Bumi

# **Mapping the Intensity of Earthquakes in the West Sumatera Region Using a Spatio-Temporal Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS) Model**

**Hidayatul Fikra**

## **ABSTRACT**

The occurrence of earthquakes with spatially and temporally random characteristics makes this continue to be studied in seismology and stochastic aspects. One of the stochastic processes that can explain earthquake activity is the point process. One of the models in the point process is the spatio-temporal Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS) model, which is a model that represents random natural events at certain times and locations. The purpose of this research is to map the intensity of earthquakes in the West Sumatra region using the spatio-temporal ETAS model.

This study uses secondary data sourced from the United State Geological Survey (USGS) website, namely earthquake data in West Sumatra region with a magnitude threshold of 4 SR at depth of  $\leq 70$  km from January 2000 to January 2024. The indicators used in this study are the time of earthquake occurrence, longitude, latitude, and magnitude.

The results showed in West Sumatra region there were 1,24 main earthquake rates 0,29 aftershock productivity, while the aftershock decay rate was 1,03 with 0,01 time scale and 1,78 aftershock decay distance scale, with epicenter-to coordinate point distance of the earthquake is 82,58. The efficiency of earthquake events that produce aftershocks is 1,18 while the efficiency of earthquakes that are independent of aftershock productivity is 0,35. The accuracy of the model based on the AIC value is 39241,10. Based the parameter estimation results, the areas that have high intensity are around West Pasaman, Padang, Mentawai Islands and South Coast. This indicates that the region is vulnerable to seismic disasters.

**Keywords :** *Conditional Intensity Function, Earthquakes, Spatio-Temporal ETAS*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, petunjuk, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pemetaan Intensitas Gempa Bumi di wilayah Sumatera Barat menggunakan model *Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS) Spatio-Temporal*”. Shalawat beserta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari zaman kebodohan sampai zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti saat sekarang ini.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi S1 Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Pembuatan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Yenni Kurniawati, S.Si., M.Si, selaku Kepala Departemen Statistika Koordinator Progm Studi S1 Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
2. Ibu Dina Fitria M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan, dan motivasi dari awal perkuliahan sampai proses penyusunan skripsi.
3. Ibu Dra. Nonong Amalita M.Si dan Ibu Tessy Octavia Mukhti M.Stat, selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan saran dan masukan positif untuk kesempurnaan skripsi.

4. Bapak/Ibu Dosen dan Staf Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang yang telah membantu penulis dalam menimba ilmu di Program Studi S1 Statistika

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekeliruan, kekurangan, dan kesalahan di dalamnya. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya.

Padang, 10 Juni 2024  
Penulis

Hidayatul Fikra

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	6
C. Rumusan Masalah .....	6
D. Tujuan Penelitian .....	7
E. Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II KAJIAN TEORI</b> .....	
A. Gempa Bumi .....	8
B. Fungsi Intensitas Bersyarat .....	11
C. Model Epidemik .....	13
D. Estimasi Parameter .....	20
E. Kebaikan Model .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	
A. Jenis Penelitian .....	28
B. Jenis dan Sumber Data .....	28
D. Struktur Data .....	29

E. Teknik Analisis Data .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	
A. Hasil .....	39
B. Pembahasan.....	46
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	
A. Kesimpulan .....	39
B. Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Skala <i>Modified Mercally Intensity</i> (MMI) .....	10
2. Varibel Penelitian .....	28
3. Struktur Data .....	29
4. Estimasi Parameter Model ETAS <i>Spatio-Temporal</i> .....	43

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Pertemuan Tiga Lempeng Tektonik di Indonesia .....	1
2. Aktivitas Gempa Bumi di Wilayah Sumatera Barat.....	40
3. Plot Hubungan Waktu Kejadian dan Magnitudo Gempa.....	40
4. Plot Hubungan Waktu dengan (a) Latitude (b) Longitude.....	41
5. Intensitas Gempa Bumi di Wilayah Sumatera Barat.....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Data Penelitian .....	52
2. <i>Syntax</i> model ETAS <i>spatio-temporal</i> .....	53
3. <i>Output</i> R-Studio estimasi parameter model.....	54

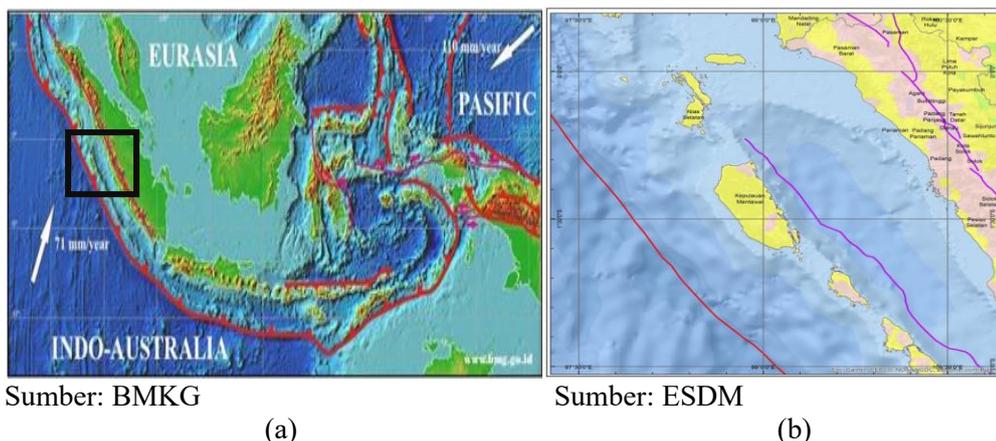


# BAB 1

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Secara geologis, Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik yang merupakan wilayah kawasan lingkaran api. Oleh karena itu, Indonesia menjadi negara yang memiliki risiko tinggi terhadap bencana alam khususnya gempa bumi. Salah satu wilayah di Indonesia yang rawan terhadap gempa bumi adalah Sumatera Barat. Menurut Triyono (2015: 6), secara geografis Sumatera Barat terletak di pesisir barat bagian tengah Pulau Sumatera, berdekatan dengan sumber ancaman gempa bumi di Indonesia. Letak ketiga lempeng tektonik dunia di Indonesia dan letak sumber ancaman gempa bumi di wilayah Sumatera Barat dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** (a) Pertemuan Tiga Lempeng Tektonik di Indonesia dan  
(b) Sumber Ancaman Gempa bumi Wilayah Sumatera Barat

Gambar 1 (a) merupakan letak pertemuan tiga lempeng tektonik di Indonesia, di kawasan ini terjadi akumulasi energi tabrakan sehingga tidak sanggup lagi menahan dan akhirnya energi tersebut dilepas dalam bentuk gempa bumi.

Sedangkan Gambar 1 (b) menunjukkan bahwa keberadaan beberapa sumber ancaman gempa bumi di wilayah Sumatera Barat. Pertama, pertemuan antara Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia yang terletak di laut sebelah barat Kepulauan Mentawai. Kedua, *Mentawai Fault System* (MFS) disebut sebagai Sesar Mentawai yang berada di laut memanjang di sekitar Kepulauan Mentawai dari selatan hingga ke utara. Ketiga, *Sumatera Fault System* (SFM) atau disebut dengan Sesar Sumatera, ancaman gempa ini berada di darat Pulau Sumatera yang memanjang dari Provinsi Lampung sampai ke Banda Aceh sepanjang  $\pm 1900$  km dan melewati beberapa kabupaten di Sumatera Barat, yaitu Kabupaten Solok Selatan, Kabupaten Solok, Kabupaten Tanah Datar, Kota Padang Panjang, Kota Bukit Tinggi dan Kabupaten Pasaman.

Pada penelitian Matrikasari (2020), faktor geologi yang mempengaruhi secara signifikan kejadian gempa bumi di Pulau Sumatera adalah zona subduksi dan sesar aktif, sedangkan faktor geologi berupa gunung api tidak berpengaruh terhadap kejadian gempa bumi di Pulau Sumatera. Hal ini menunjukkan bahwa Sumatera Barat yang terletak diantara beberapa sumber ancaman gempa bumi di Pulau Sumatera menjadikan wilayah tersebut memiliki potensi tinggi terhadap kejadian gempa bumi dengan jenis gempa tektonik. Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Departemen Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) menyatakan bahwa enam dari 25 daerah rawan bencana gempa bumi di Indonesia berada di Pulau Sumatera salah satunya di wilayah Sumatera Barat.

Bencana alam gempa bumi yang rawan terjadi di Sumatera Barat menjadikan wilayah tersebut perlu dilakukan suatu tindakan manajemen bencana alam untuk

mengurangi dampak dari bencana. Manajemen bencana alam merupakan suatu upaya penanggulangan yang dilakukan sebelum, pada saat, atau sesaat setelah kejadian, hingga pasca terjadinya bencana tersebut. Salah satu upaya manajemen bencana alam sebelum kejadian adalah mitigasi bencana. Mitigasi ini berupa pengumpulan dan analisis data dalam rangka usaha memperkecil tingkat bahaya suatu bencana. Menurut Haifani (2006), salah satu jenis mitigasi bencana adalah melakukan prakiraan kemunculan suatu kejadian bencana.

Kemunculan bencana gempa bumi yang mempunyai karakteristik acak, baik dalam lokasi maupun waktu, membuat prakiraan gempa bumi ini menjadi suatu hal yang penting. Pengembangan metodologi prakiraan gempa bumi masih terus dilakukan dari aspek seismologi maupun probabilistik. Aspek probabilistik yang membahas metodologi prakiraan gempa bumi salah satunya adalah statistika seismologi. Pada statistika seismologi, untuk menjelaskan fenomena alam yang bersifat acak dapat digunakan proses stokastik. Menurut Veen (2008), salah satu bidang kajian dalam proses stokastik adalah proses titik. Pada proses titik, kejadian-kejadian gempa bumi pada waktu atau lokasi tertentu dapat dipandang sebagai titik-titiknya, sedangkan ukuran yang berkaitan dengan titik tersebut adalah magnitudo atau kedalamnya.

Menurut Chasanah (2013), ambang batas magnitudo empat pada Skala Richter (SR) biasanya dianggap sebagai gempa kecil dan tidak menimbulkan kerusakan yang signifikan, namun jika gempa kecil terjadi pada kedalaman yang dangkal ( $\leq 70$  km), maka dapat memberikan getaran yang cukup terasa di permukaan terutama jika pusatnya berdekatan dengan permukaan bumi. Intensitas gempa ini dapat

dirasakan oleh orang-orang yang berada di dalam bangunan, tetapi tidak menyebabkan kerusakan struktural. Oleh karena itu, walaupun gempa dengan magnitudo 4 SR pada kedalaman dangkal biasanya tidak menyebabkan kerusakan yang besar, namun perlu dilakukan prakiraan aktivitas gempa bumi untuk meningkatkan kewaspadaan dan meminimalkan risiko kerusakan akibat gempa bumi yang terjadi pada suatu waktu dan wilayah-wilayah tertentu.

Prakiraan aktivitas gempa bumi pada proses titik dapat ditentukan melalui fungsi intensitas bersyarat. Ogata (1988) menjelaskan bahwa fungsi intensitas bersyarat berguna untuk mengetahui peluang kemunculan terjadinya gempa bumi pada suatu wilayah berdasarkan histori kejadian gempa bumi sebelumnya. Oleh karena itu, dengan diketahuinya intensitas gempa bumi di suatu wilayah, maka dapat dilakukan suatu manajemen bencana alam agar dapat meminimalisasi dampak dari bencana tersebut.

Menurut Harte (2010), suatu gempa besar biasanya diikuti oleh barisan dari gempa susulan, sehingga dapat dijelaskan dengan model tipe epidemik. Pada model tersebut, gempa bumi susulan diasumsikan seperti suatu epidemik, yaitu gempa bumi besar mempengaruhi terjadinya gempa bumi susulan pada interval waktu tertentu dan juga meluas untuk rentang waktu yang lama setelah gempa utama terjadi. Zhuang (2002) menyatakan model yang sesuai untuk menjelaskan deretan gempa susulan yaitu model *Epidemic Type Aftershock Sequence* (ETAS). Model ETAS menunjukkan adanya periode waktu antara kejadian gempa dan serangkaian gempa susulan yang terjadi setelahnya. Veen (2008) menyatakan bahwa kelemahan dalam model ETAS terletak pada distribusi spasial gempa bumi karena dianggap

tidak mempertimbangkan komponen lokasi. Lokasi pada suatu gempa bumi memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga lokasi berperan penting dalam mempengaruhi model tersebut.

Ogata dan Zhuang (2006) melakukan pengembangan model ETAS dengan mempertimbangkan komponen lokasi pada gempa bumi di wilayah Jepang. Hasil penelitian tersebut menunjukkan kesesuaian model yang jauh lebih baik dibandingkan model ETAS. Priambodo (2017) melakukan penelitian mengenai peluang terjadinya gempa bumi susulan di Pulau Jawa berdasarkan historis dan lokasinya. Pengembangan model ETAS dengan mempertimbangkan komponen lokasi yang dinyatakan dalam bentuk fungsi intensitas bersyarat. Hasil dari pengembangan model ETAS tersebut adalah model tepat dalam menghitung peluang dari gempa utama dalam mempengaruhi gempa susulan di wilayah tertentu di Pulau Jawa. melakukan penelitian Model ETAS dengan mempertimbangkan komponen lokasi disebut sebagai model ETAS spasial. Menurut Wijaya (2023), model ETAS dengan mempertimbangkan komponen lokasi disebut sebagai model ETAS *spatio-temporal* karena mempresentasikan fenomena alam yang diamati dari waktu ke waktu dalam dimensi spasial.

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian mengenai peluang kejadian gempa bumi susulan di wilayah Sumatera Barat menggunakan komponen waktu, lokasi, dan magnitudo gempa bumi. Penerapan model ETAS *spatio-temporal* pada penelitian ini dinyatakan dalam bentuk fungsi intensitas bersyarat menggunakan delapan parameter model yang diestimasi menggunakan metode maksimum *likelihood* dan Davidon Fletcher Powell. Oleh karena itu, penelitian ini

dilakukan dengan judul “**Pemetaan Intensitas Gempa Bumi di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Model *Epidemic Type Aftershock Sequence* (ETAS) *Spatio-Temporal***”.

## **B. Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian kejadian gempa bumi ini menggunakan model ETAS *spatio-temporal* dalam fungsi intensitas bersyarat dengan estimasi parameter menggunakan metode maksimum *likelihood* dan penyelesaiannya dengan algoritma Davidon Fletcher-Powell.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data gempa bumi tektonik dengan ambang batas magnitudo sebesar  $\geq 4 SR$  dengan kedalaman  $\leq 70 km$  di wilayah Sumatera Barat pada periode Januari 2000 sampai Januari 2024.

## **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu.

1. Bagaimana model ETAS *spatio-temporal* dalam fungsi intensitas bersyarat yang dihasilkan untuk data gempa bumi di wilayah Sumatera Barat?
2. Berapa tingkat hasil akurasi yang diperoleh dari model ETAS *spatio-temporal* dalam fungsi intensitas bersyarat untuk data gempa bumi di wilayah Sumatera Barat?
3. Bagaimana bentuk pemetaan intensitas gempa bumi di wilayah Sumatera Barat menggunakan model ETAS *spatio-temporal*?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui bentuk model ETAS *spatio-temporal* dalam fungsi intensitas bersyarat pada data gempa bumi di wilayah Sumatera Barat.
2. Mengetahui hasil akurasi yang diperoleh dari model ETAS *spatio-temporal* yang dinyatakan dalam fungsi intensitas bersyarat pada data gempa bumi di wilayah Sumatera Barat.
3. Melihat bentuk pemetaan intensitas gempa bumi di wilayah Sumatera Barat menggunakan model ETAS *spatio-temporal*.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah.

1. Bagi peneliti, sebagai tambahan ilmu pengetahuan khususnya di bidang pemetaan laju kejadian gempa bumi menggunakan model ETAS *spatio-temporal* dalam fungsi intensitas bersyarat.
2. Bagi pembaca, diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai model ETAS *Spatio-Temporal* dan dapat digunakan sebagai referensi untuk studi lebih lanjut.
3. Bagi pemerintah, sebagai mitigasi bencana alam yang rawan terhadap gempa pada suatu wilayah.