

**ESTIMASI GEMPA BUMI UNTUK WILAYAH  
LAMPUNG MENGGUNAKAN MODEL  
SPATIAL AUTOREGRESSIVE (SAR)**

**Skripsi**

**CINDI NADYA PUTRI  
NPM: 1711050017**



**Program studi : Pendidikan Matematika  
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) RADEN INTAN  
LAMPUNG  
1442 H/2021 M**

# **ESTIMASI GEMPA BUMI UNTUK WILAYAH LAMPUNG MENGGUNAKAN MODEL SPATIAL AUTOREGRESSIVE (SAR)**

**Skripsi**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Memenuhi Syarat-  
Syarat Guna Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan (S. Pd)

Oleh

**CINDI NADYA PUTRI  
NPM. 1711050017**

**Jurusan : Pendidikan Matematika**

**PEMBIMBING I : Dr. Achi Rinaldi, S.Si., M.Si**  
**PEMBIMBING II : Iip Sugiharta, M.Si**

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
RADEN INTAN LAMPUNG**

**1442 H/2021**

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model spasial autoregressive (SAR) dengan metode regresi spasial untuk mengetahui daerah-daerah yang rawan terjadi gempa bumi di provinsi Lampung.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan data sekunder. Data diperoleh dari catalog website *USGS (united states geological survey)* yaitu periode januari 1960 sampai dengan desember 2019. Data yang digunakan dibatasi hanya pada kekuatan magnitudo sebesar  $\geq 4,0$  serta kedalamannya  $\leq 300$  km.

Penelitian pada estimasi daerah rawan gempa bumi di provinsi lampung menggunakan model SAR yang mana membutuhkan data spasial yang diolah dengan *software R 4.03*. Hasil yang diperoleh adalah model SAR merupakan model yang cukup baik untuk estimasi daerah rawan gempa di provinsi lampung dengan nilai  $R^2$  sebesar 30,09%.

Kata kunci : Gempa bumi, Metode Regresi Spasial, Model *Spatial Autoregressive* (SAR).

## PERNYATAAN ORISINIALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cindi Nadya Putri  
NPM : 1711050017  
Program Studi : Pendidikan Matematika  
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “ Estimasi Gempa Bmumi untuk wilayah Lampung dengan menggunakan model spatial autoregressive (SAR)” adalah benar-benar hasil karya penyusun sendiri, bukan duplikasi ataupun saduran dari karya orang lain kecuali bagian yang telah dirujuk dan disebut dalam *footnote* atau daftar pustaka. Apabila di lain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini, maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penyusun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat di maklumi.

Bandar Lampung,  
Penulis

2020

CINDI NADYA PUTRI  
NPM.1711050017



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG**

Alamat: Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp (0721)

**PERSETUJUAN**

Judul Skripsi : Estimasi Gempa Bumi Untuk Wilayah Lampung Menggunakan Model Spasial Autoregressive (SAR)  
Nama : Cindi Nadya Putri  
NPM : 1711050017  
Jurusan : Pendidikan Matematika  
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

**MENYETUJUI**

Untuk di munaqosyahkan dan dipertahankan dalam sidang munaqosyah  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN raden Intan Lampung

**Pembimbing I**

  
**Dr. Achi Rinaldi, S.Si, M.Si**

**NIP. 198202042006041001**

**Pembimbing II**

  
**Lip Sugiharta, M.Si**

**NIP.**

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Pendidikan Matematika**

  
**Dr. Nanang Supriadi, M.Sc**

**NIP. 197911282005011005**



**KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG  
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

*Alamat: Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. (0721) 703260*

**PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul : **ESTIMASI GEMPA BUMI UNTUK WILAYAH LAMPUNG MENGGUNAKAN MODEL SPATIAL AUTOREGRESSIVE (SAR)** , disusun oleh: **CINDI NADYA PUTRI, NPM. 1711050017**, Jurusan Pendidikan Matematika telah diujikan dalam sidang Munaqasyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada hari/tanggal: **Jumat / 9 Juli 2021.**

**TIM MUNAQASYAH**

**Ketua : Prof. Agus Pahrudin, M.Pd**

**Sekretaris : Komarudin, M.Pd**

**Pembahas Utama : Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd**

**Pembahas I : Dr. Achi Rinaldi, S.Si, M.Si.**

**Pembahas II : Iip Sugiharta, M.Si.**

**Mengetahui,  
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan**

**Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd.**

**NIP. 196408281988032002**

## MOTTO

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبِينَ

“Maka nikmat tuhanmu yang manakah yang kau dustai ?”



## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillahirobil'alamin...* puji syukur kepada-Mu Ya Allah atas karunia, hidayah dan kelancaran, sehingga skripsi ini dapat saya selesaikan. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai ungkapan rasa hormat dan cinta kasih kepada :

1. Kepada kedua orang tua saya tercinta, ayahanda sugito dan almarhumah ibu murtani atas curahan cinta, kasih sayang, pengorbanan, dukungan serta nasihat dan do'a yang tiada henti hingga menghantarkan penulis mampu menyelesaikan pendidikan S1 di UIN Raden Intan Lampung, yang tidak mampu penulis balas jasa-jasanya sampai kapanpun.
2. Kakak ku tersayang Vicky Fernando yang selalu mendukung, mendengarkan keluh kesahku dan mendo'akan keberhasilanku serta membantu finansial keluarga.





## RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Cindi Nadya Putri, lahir di Teluk Betung pada 26 Januari 2000, putri kedua dari pasangan ayahanda Sugito dan ibu Murtani.

Penulis melalui jenjang pendidikannya di TK Laskar Ampera tahun 2005, setelah itu di lanjutkan pada pendidikan Sekolah Dasar Negeri (SDN) 01 Sidomakmur namun pindah ke SDN 01 Rejosari dan terakhir pindah ke SDN 05 Sidorejo lulus pada tahun 2011, setelah itu dilanjutkan pada pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Sidomulyo dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) negeri 1 Sidomulyo dan lulus pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung Di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Jurusan Pendidikan Matematika. Pada tahun 2020 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Sidodadi Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan dan Praktek Pengalaman Lapangan (PPL) di SMP Negeri 24 Bandar Lampung.

## KATA PENGANTAR

### *Assallamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillahirobbil'alamin* puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir skripsi ini untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd. Selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Uin Raden Intan Lampung
2. Bapak Dr. Nanang Supriyadi, M.Sc. Selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika.
3. Bapak Achi Dr Rinaldi, S.Si., M.Si Selaku Pembimbing I, bapak Iip Sugiharta, M.Si Selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
4. Bapak dan ibu dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menuntut ilmu di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.
5. Teman-teman seperjuangan jurusan pendidikan matematika angkatan 2017 khususnya (Windi Septiyani, Indah Tri Rahayu, Ilma Ridhona, Lilis Mardiyana, Tista Maya Surati, Kenny Candra Pradana, Ros Anggrayani Putri, Leni Safitri Hasibuan, Okis Fatimah, Nabila Amni, Annisa Nurhuda Romadhona, Dhea Livita Cahya dan yang lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu) terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan yang telah terbangun selama ini.
6. Keluarga besar KKN Desa Sidodadi Kecamatan Sidomulyo Lampung Selatan, terimakasih kebersamaan kita selama 40 hari.

7. Keluarga besar PPL di SMP N 24 Bandar Lampung.  
Terimakasih atas kebersamaan kita.

Akhirnya dengan iringan terima kasih penulis memanjatkan do'a kehadiran Allah SWT, semoga jerih payah dan amal bapak-bapak dan ibu-ibu serta teman-teman sekalian akan mendapatkan balasan yang sebaik-baiknya dari Allah SWT dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Bandar Lampung,

2020

CINDI NADYA PUTRI

NPM.1711050017



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK.....	ii
PERNYATAAN ORISINIALITAS .....	iii
PERSETUJUAN .....	iv
PENGESAHAN .....	v
MOTTO .....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
A. Penegasan Judul.....	1
B. Latar Belakang Masalah .....	3
C. Identifikasi Masalah .....	11
D. Rumusan Masalah .....	11
E. Tujuan Penelitian.....	12
F. Batasan Masalah.....	12
G. Manfaat Penelitian.....	12
H. Kajian Penelitian Terdahulu Yang Relevan .....	13
I. Sistematika Penulisan.....	14
<b>BAB II : LANDASAN TEORI</b>	
A. Model spasial .....	15
1. Spatial Autoregressive Model (SAR).....	16
2. Analisis Regresi .....	17

3. Analisis Regresi Spasial.....	18
4. Efek Spasial .....	19
B. Gempa bumi .....	23
1. Definisi Gempa Bumi .....	23
2. Jalur Utama Gempa Bumi .....	24
3. Gelombang Seismik .....	24
4. Parameter Gempa Bumi .....	27
5. Klasifikasi Gempa Bumi .....	32
C. Hipotesis Penelitian .....	33
<b>BAB III : Metode Penelitian</b>	
A. Waktu Penelitian .....	35
B. Metode Penelitian.....	35
C. Bagan Alir Metode Penelitian .....	37
<b>BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Deskripsi Data.....	39
B. Hasil Penelitian dan Analisis .....	42
1. Uji Kolerasi Dan Autokolerasi Spasial.....	42
2. Uji Dependensi spasial .....	45
3. Estimasi Parameter.....	46
4. Uji Asumsi model .....	47
C. Pembahasan .....	50
<b>BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	55
B. Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Intensitas Gempa bumi Skala MMI (Modified Mercally Intensity) .....	29
Tabel 2.2 Kesebandingan antara Skala Mercalli dan Richter .....	31
Tabel 4.1 Area terdampak gempa bumi di wilayah lampung.....	41
Tabel 4.2 Hasil Uji <i>Moran's I</i> .....	42
Tabel 4.3 Hasil Uji <i>Lagrange Multipayer</i> .....	45
Tabel 4.4 Hasil Uji Estimasi Parameter .....	46
Tabel 4.5 Tabel uji <i>Breusch-Pagan</i> .....	48
Tabel 4.6 Nilai Uji <i>Kolmogrof Smirnov</i> .....	50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rekonstruksi lempeng tektonik di Indonesia .....	6
Gambar 1.2 Peta Geologi Pulau Sumatera.....	9
Gambar 2.1 Kuadran <i>Moran's I</i> .....	21
Gambar 2.2 Konvergensi.....	26
Gambar 2.3 Divergensi .....	26
Gambar 2.4 Transform (Sesar Mendatar) .....	27
Gambar 4.1 Peta Administrasi Provinsi Lampung.....	39
Gambar 4.2 Peta matriks pembobot <i>Rock Contiguity</i> .....	40
Gambar 4.3 matriks pembobot 12x12 .....	41
Gambar 4.4 (a) <i>Moran's scatterplot</i> (frekuensi).....	43
Gambar 4.4 (b) <i>Moran's scatterplot</i> (magnitude).....	44
Gambar 4.5 (a) normalitas plot (magnitude).....	48
Gambar 4.5 (b) normalitas plot (frekuensi) .....	49
Gambar 4.6 Peta persebaran gempa bumi berdasarkan Magnitude .....	53



## DAFTAR LAMPIRAN

<i>Lampiran 1</i> Data Pembagian Area Rawan Gempa Bumi .....	68
<i>Lampiran 2</i> Tabel Matrik Pembobot .....	69
<i>Lampiran 3</i> Catalog Gempa Bumi Dari Usgs.....	70
<i>Lampiran 4</i> Rangkuman Perhitungan Spatial Autoregressive (SAR) :Uji <i>Moran's I</i> .....	82
<i>Lampiran 5</i> Rangkuman Perhitungan Spatial Autoregressive (SAR) :Uji <i>Lagrange multiplayer (LM)</i> .....	85
<i>Lampiran 6</i> Lembar Pengesahan Proposal .....	
<i>Lampiran 7</i> Lembar Konsultasi .....	
<i>Lampiran 8</i> Surat Permohonan Kesediaan Membimbing Skripsi .....	
<i>Lampiran 9</i> Form Pernyataan Kesediaan Membimbing Skripsi .....	





# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Penegasan Judul

Estimasi menurut kamus besar bahasa Indonesia yaitu penilaian, prediksi, atau pendapat<sup>1</sup>. Maksud estimasi statistik juga dapat berarti kegiatan penarikan suatu kesimpulan statistik yang bermula dari hal-hal bersifat umum ke hal-hal yang bersifat khusus<sup>2</sup>. Jadi, pengertian estimasi yaitu keseluruhan proses yang membutuhkan serta menggunakan estimator atau analisis untuk menghasilkan estimate dari sebuah parameter<sup>3</sup>.

Gempa bumi yaitu getar-getar atau guncangan yang terbentuk di permukaan bumi berwujud pembebasan energi yang berada di dalam bumi dengan tiba-tiba sehingga membentuk gelombang seismik<sup>4</sup>. Gempa bumi tidak dapat diketahui secara pasti kapan dan dimana akan terjadi kembali di waktu yang akan datang.

Wilayah yaitu suatu daerah yang menjadi teritorial atau menjadi wewenang dari sebuah kedaulatan<sup>5</sup>. Pada suatu wilayah berada di sekitar batas-batas kedudukan fisik alam, misalnya gunung, sungai, atau laut.

Model merupakan salah satu cara dalam memandang suatu masalah. suatu formalisasi atau representasi dalam aturan tertentu (yang disetujui) dari suatu sistem nyata. Model bisa diartikan sebagai

---

<sup>1</sup> Yane Laheroi Nainel, Efori Buulolo, And Ikwan Lubis, "Penerapan Data Mining Untuk Estimasi Penjualan Obat Berdasarkan Pengaruh Brand Image Dengan Algoritma Expectation Maximization (Studi Kasus: Pt. Pyridam Farma Tbk)," *Jurikom (Jurnal Riset Komputer)* 7, No. 2 (2020): 214–24.

<sup>2</sup> Alfred P Rovai, Jason D Baker, and Michael K Ponton, *Social Science Research Design and Statistics: A Practitioner's Guide to Research Methods and IBM SPSS* (Watertree Press LLC, 2013).

<sup>3</sup> Alfi Salim, "Estimasi Kecepatan Kendaraan Melalui Video Pengawas Lalu Lintas Menggunakan Parallel Line Model" (Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah ..., N.D.).

<sup>4</sup> Jamie D Howarth et al., "Lake Sediments Record High Intensity Shaking That Provides Insight into the Location and Rupture Length of Large Earthquakes on the Alpine Fault, New Zealand," *Earth and Planetary Science Letters* 403 (2014): 340–51.

<sup>5</sup> Malik Abdul, "Proses Penanganan Pembongkaran Barang Impor Dari Atas Kapal Ke Wilayah Pengawasan Bea Cukai Tanjung Perak Surabaya," *Karya Tulis*, 2020.

representasi (perwakilan) dari suatu ide-ide, objek atau benda, dengan bentuk yang disederhanakan dari keadaan atau objek alam<sup>6</sup>. Model berisi informasi- informasi tentang suatu keadaan yang dibuat dengan tujuan untuk menelaah fenomena sistem secara faktual<sup>7</sup>. Model bisa menjadi tiruan dari suatu objek, sistem atau fenomena yang sesungguhnya yang berisi informasi-informasi yang dianggap relevan saja untuk ditelaah. Model juga berarti representasi penyederhanaan dari sebuah realita yang complex (biasanya bertujuan untuk memahami realita tersebut) dan mempunyai feature yang sama dengan tiruannya dalam melakukan task atau menyelesaikan permasalahan<sup>8</sup>.

Spasial berarti ruang atau tempat. Kemampuan spasial merupakan proses mental dalam mempersepsi, menyimpan, mengingat, mengkreasi, mengubah, dan mengkomunikasikan bangun ruang<sup>9</sup>. Dalam ilmu permukaan bumi terdapat istilah data spasial yang dikenal juga sebagai informasi letak geografis atau data geospasial, itu adalah keterangan atau bukti yang mengidentifikasi wilayah geografis kenampakan dan batas di Bumi, seperti kenampakan buatan atau alami, lautan, dan lain sebagainya<sup>10</sup>. Penelitian ini menggunakan Spatial Autoregresive Model (SAR).

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat ditarik kesimpulan yang ditujukan penulis dari judul skripsi ini yaitu untuk mengestimasi atau memprediksi lokasi rawan gempa di provinsi Lampung dengan mengaplikasikan Spatial Autoregresive Model (SAR).

---

<sup>6</sup> Muhammad Qodar Et Al., "Tinjauan Model Kadaster Kelautan Dalam Perspektif Pertahanan Dan Keamanan Laut (Studi Kasus Selat Madura)," *Jurnal Chart Datum* 4, No. 1 (2018): 1–13.

<sup>7</sup> C Ilmu Yang Memengaruhi Desain, "Instruksional," *Tulisan Bersama Tentang Desain Pembelajaran Sd*, 2021, 18.

<sup>8</sup> Meyliawati Susilo Hermansyah, Cahyadi Nugraha, And Rispianda Rispianda, "Model Simulasi Untuk Analisis Kapasitas Bandar Udara Husein Sastranegara," *Reka Integra* 2, No. 3 (2014).

<sup>9</sup> Hidayah Nurul Fajri, Rahmah Johar, and M Ikhsan, "Peningkatan Kemampuan Spasial Dan Self-Efficacy Siswa Melalui Model Discovery Learning Berbasis Multimedia," *Beta: Jurnal Tadris Matematika* 9, no. 2 (2016): 180–96.

<sup>10</sup> Edy Irwansyah, *Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar Dan Pengembangan Aplikasi* (DigiBook Yogyakarta, 2013).

## B. Latar Belakang Masalah

Gempa bumi merusak segala sesuatu yang berada di permukaan bumi termasuk bangunan, tumbuhan, hewan, dan seluruh makhluk hidup yang ada<sup>11</sup>. Oleh karena itu Gempa bumi menjadi sangat berbahaya bila terjadi dengan kekuatan yang sangat dahsyat. Bencana alam yang terjadi sebenarnya sudah di tuliskan oleh Allah SWT di dalam Al-Qur'an dan banyak riset membuktikan kebenaran yang terdapat di dalamnya. Gempa bumi sendiri ditafsirkan dalam Q.S Al-Fajr (89) : 21.

كَأَلَّا إِذَا دُكَّتِ الْأَرْضُ دَكًّا دَكًّا ٢١

Artinya : *“jangan (berbuat demikian) apabila bumi di goncangkan berturut-turut”*<sup>12</sup>.

Dijelaskan dalam surah tersebut bahwa akan terjadi guncangan di bumi. mengkaji secara ilmiah sebenarnya hal tersebut terjadi akibat dua lempeng saling bertabrakkan atau bertumbukkan sehingga menghasilkan suatu getaran yang disebut dengan gempa tektonik. Semua peristiwa alam di bumi ini tidak terjadi begitu saja, melainkan sesuai dengan kehendak sang maha pencipta.

Gempa bumi juga dijelaskan dalam dalam Q.S Al-Haqqah (69) : 14.

وَّحُمِلَتِ الْأَرْضُ وَالْجِبَالُ فَدُكَّتَا دَكَّةً وَاحِدَةً

Artinya : *“Dan diangkatlah bumi dan gunung-gunung, lalu dibenturkan keduanya sekali bentur”*<sup>13</sup>.

Dijelaskan dalam surat tersebut bahwa bumi saling berebenturan dan terjadilah peristiwa gempa bumi yang merupakan gejala alam yang terjadi secara terus menerus. Pergerakan bumi secara terus menerus ditafsirkan dalam Q.S An-Naml (27) : 88.

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسِبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنْعَ اللَّهِ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ

<sup>11</sup> Saharuddin Saharuddin, “Islam Dan Ramah Lingkungan (Studi Atas Teologi Lingkungan Hidup)” (Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2014).

<sup>12</sup> Muhammad Makmun-Abha, “Gempa Bumi Dalam Al-Qur'an (Tafsir Tematik),” *Esensia: Jurnal Ilmu-Ilmu Ushuluddin* 14, No. 1 (2013): 19–36.

<sup>13</sup> Ibid.

Artinya : “*dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (begitulah) perbuatan allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; sesungguhnya allah maha mengetahui apa yang kamu kerjakan*”<sup>14</sup>.

Dijelaskan pada surah tersebut bahwa perumpamaan gerakan gunung dan gerakan awan di ayat tersebut tidak terjadi karena dirinya sendiri, tetapi bergerak karena ada yang menggerakannya, sebagaimana udara menggerakkan awan. Bumilah yang bergerak sehingga gunung-gunung ikut bergerak.

Pengetahuan manusia meningkat mengikuti perkembangan zaman. Matematika sebagai salah satu ilmu pengetahuan yang keberadaannya sangat penting di era 4.0 menjadi ilmu yang dijadikan dasar untuk mempelajari ilmu pengetahuan lainnya. Contoh ilmu yang berkaitan dengan ilmu matematika misalnya geofisika, geomatika, ilmu komputer, ilmu alam, dan berbagai disiplin ilmu lainnya yang ketika mendalaminya harus memiliki dasar ilmu matematika<sup>15</sup>.

Menjadi ilmu yang telah ada sejak lama, kemunculan ilmu matematika diperkirakan sudah ada sejak zaman romawi kuno. Hal ini mengingatkan kita bahwa ilmu matematika berperan sangat penting dalam kehidupan manusia. Ilmu bumi yang berkaitan dengan pengukuran dan perhitungan memerlukan dasar ilmu matematika. Banyak peristiwa alam yang juga memerlukan ilmu matematika sebagai landasan perhitungan serta peramalan suatu peristiwa alam. Gempa bumi merupakan peristiwa alam yang dapat diukur dan diperkirakan. Analisis matematika dapat digunakan untuk memperkirakan terjadinya Gempa bumi. Manfaat ilmu matematika sangat banyak sekali. contohnya adalah sebagai sarana berpikir yang sangat diperlukan dalam perkembangan ilmu. Matematika merupakan ilmu dasar yang dapat digunakan dalam berbagai aspek kehidupan<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> Tri Wahyuningsih And Maya Adella Safitri, “Malam Sebagai Waktu Panjang Dalam Pesprektif Al-Qur’an,” *Prosiding Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam Dan Sains* 2 (2020): 215–17.

<sup>15</sup> Dede Salim Nahdi, “Keterampilan Matematika Di Abad 21,” *Jurnal Cakrawala Pendas* 5, no. 2 (2019).

<sup>16</sup> Siti Rohmah and Achi Rinaldi, “Analisis Kemampuan Komunikasi Matematis: Dampak Kecerdasan Emosional Pada Materi Operasi Hitung Aljabar,” in

Dalam penelitian ini, kita akan mengaitkan bidang ilmu statistika dengan Gempa bumi.

Ilmu sains erat kaitannya dengan peristiwa alam. Perkembangan ilmu pengetahuan telah memungkinkan manusia untuk memprediksi bencana alam melalui alat perhitungan matematis serta pengujian model. Suatu peristiwa alam dapat di perkirakan dengan mengolah data yang telah ada pada masa sebelumnya. Data yang di dapatkan dari hasil pengamatan dan perhitungan diolah menggunakan suatu program tertentu misalnya program pengolah angka. Penelitian ini menggunakan software pengolah data bernama program R 4.03 dan Arcgis 10.8.

Matematika yaitu ilmu yang banyak orang tidak menyadari telah menggunakannya dalam kehidupan sehari-hari. Penerapan ilmu matematika dalam keseharian kita misalnya aritmatika digunakan untuk menghitung pada saat transaksi jual beli, menghitung hasil penjualan, untung rugi, modal pada ilmu ekonomi. Ilmu statistik digunakan untuk menghitung nilai rata-rata siswa di sekolah. Dalam dunia penerbangan pesawat terbang dilengkapi radar yang digunakan sebagai alat pendeteksi, kompas sebagai petunjuk arah, dan radio sebagai alat komunikasi yang semuanya berkaitan dengan penerapan matematika (koordinat).

Secara geografis letak Negara Indonesia yaitu berada diantara benua Australia dan benua Asia, serta diantara samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Sedangkan secara astronomi terletak antara  $6^{\circ}$  LU -  $11^{\circ}$  LS dan  $95^{\circ}$ BT -  $141^{\circ}$  BT. Dengan demikian Indonesia menjadi Negara yang memiliki posisi sangat strategis bagi iklim dan perekonomian dunia. Pada permukaan bumi, terdapat lumayan banyak lempeng tektonik yang bergerak secara berkelanjutan. Tidak dapat dipungkiri, hampir setiap wilayahnya memiliki area lempeng tektonik tersendiri.

Berada pada tiga lempeng tektonik utama dunia, menyebabkan Indonesia sebagai wilayah territorial yang sangat rawan akan bencana

alam<sup>17</sup>. Lempeng Eurasia yang bertumbukkan langsung dengan lempeng Indo Australia yang melintasi dari barat Sumatera melalui selatan Jawa hingga Nusa Tenggara bagian timur Indonesia yang membentuk tunjangan lempeng tektonik merupakan pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng Philipina, Pasifik, dan Australia. Seperti terlihat di gambar 1.



Gambar 1.1 Rekonstruksi lempeng tektonik di Indonesia (Hall,1995)

Indonesia terletak pada area cincin api pasifik (*ring of fire*) yang merupakan wilayah dengan resiko aktivitas pergerakan tektonik yang cukup tinggi. Bencana alam yang rawan terjadi akibat aktivitas tektonik tersebut yaitu berpotensi terhadap gempa bumi, letusan gunung berapi, tanah longsor, dan tsunami.

Gempa bumi merupakan getaran asli dari dalam bumi, berasal dari dalam perut bumi lalu menjalar ke atas permukaan bumi yang berasal dari aktivitas lempeng bumi mengakibatkan belahan bumi pecah dan berpindah dengan keras<sup>18</sup>. Efek getaran inilah yang disebut dengan gelombang seismik. Selain akibat dari pergerakan lempeng, gempa

<sup>17</sup> Rully Indra Permana, Nurbeti Nurbeti, And Sanidjar Pebrihariati, "Tugas Dan Tanggung Jawab Badan Penanggulangan Bencana Berdasarkan Peraturan Daerah Nomor 3 Tahun 2010 Tentang Penanggulangan Bencana Di Kabupaten Pesisir Selatan," *Abstract Of Undergraduate Research, Faculty Of Law, Bung Hatta University* 3, No. 1 (2013).

<sup>18</sup> Arif Mustofa Nur, "Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya," *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian* 7, no. 1 (2010).

bumi juga dapat terjadi akibat adanya proses vulkanik. Gempa bumi menjadi bencana alam yang menakutkan bagi manusia<sup>19</sup>. Sebenarnya, setiap hari bumi ini mengalami gempa, namun seringkali gempa yang terjadi tidak semuanya menimbulkan kerusakan<sup>20</sup>. Indonesia sendiri mengalami gempa yang mengakibatkan kerusakan terjadi 3 sampai 5 kali dalam satu tahun. Dampak dari Gempa bumi yang dirasakan tergantung dari besar kecilnya gempa yang terjadi.

Kejadian Gempa bumi yang disampaikan di atas, hampir semuanya menelan korban jiwa manusia di samping harta benda<sup>21</sup>. Dampak Gempa bumi yang dahsyat juga dapat mengakibatkan berkurangnya atau hilangnya suatu populasi<sup>22</sup>. Populasi suatu makhluk hidup dapat berkurang karena dampak yang dihasilkan oleh peristiwa gempa sangat mematikan apabila terjadi dengan kekuatan besar. Dampak yang ditimbulkan Gempa bumi bisa merusak fungsi lingkungan hidup, terjadinya erosi, rusaknya ruang lingkup masyarakat, terkikisnya tanah, dan jika terjadi di area dekat pantai dapat merusak fungsi ekosistem terumbu karang<sup>23</sup>. Oleh karena itu diperlukan penelitian yang dapat mengetahui daerah-daerah yang menjadi area rawan gempa bumi untuk meminimalisir banyaknya korban jiwa serta kerusakan lainnya.

Telah banyak penelitian yang menggunakan Gempa bumi sebagai objek penelitian, misalnya saja pada analisis daerah rawan gempa di Bengkulu menggunakan data mikroseismik<sup>24</sup>, Studi seismotektonik

---

<sup>19</sup> Hidayati Hidayati, Yulia Jamal, and Masri Masri, "Aplikasi Persamaan Gelombang Nonlinier Korteweg de Vries Pada Gelombang Tsunami," 2011.

<sup>20</sup> Madlazim Madlazim, "Kajian Awal Tentang B Value Gempa Bumi Di Sumatra," *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)* 3, no. 1 (2013): 41–46.

<sup>21</sup> I Wayan Subagia, "Pelatihan Mitigasi Bencana Alam Gempa Bumi Pada Siswa Sekolah Dasar Negeri 1 Pengastulan Kecamatan Seririt Kabupaten Buleleng Bali," *Jpi (Jurnal Pendidikan Indonesia)* 4, No. 1 (2015).

<sup>22</sup> Roberto Masami Prabowo And Shedly Nagara Tjandra, "Fenomena Muenshakai Sebagai Akibat Pola Hidup Individualisme Serta Dampaknya Terhadap Keadaan Sosial Dan Ekonomi Di Jepang," *Lingua Cultura* 8, No. 2 (2014): 116–22.

<sup>23</sup> Hendro Murtianto, "Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat Dan Sekitarnya," *Jurnal Geografi Gea* 10, no. 1 (2016): 80–86.

<sup>24</sup> Yeza Febriani, Ika Daruwati, and Rindi Genesa Hatika, "Analisis Nilai Peak Ground Acceleration Dan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Data Mikroseismik Pada Daerah Rawan Gempabumi Di Kota Bengkulu," *Edu Research* 2, no. 2 (2013): 85–90.

analisis indikator potensi Gempa bumi di wilayah Indonesia<sup>25</sup>, penentuan zona rawan gempa di Liwa menggunakan periode analisis dominan<sup>26</sup>, analisis system informasi geografi potensi kerusakan Gempa bumi di Sumatera<sup>27</sup>, analisis pendugaan bahaya kegempaan di batuan dasar wilayah Lampung dengan metode PSHA<sup>28</sup>, dan masih banyak peneliti lainnya.

Terletak di wilayah Sumatera bagian selatan Provinsi Lampung memiliki luas 35.376,50 km<sup>2</sup>.<sup>29</sup> Lampung merupakan salah satu provinsi yang sering mengalami bencana Gempa bumi di pulau Sumatera. Terjadinya Gempa bumi ini, disebabkan karena Lampung memiliki posisi dengan kontur tanah dan tingkat pergeseran yang sangat aktif yang membuat Lampung seringkali dilanda Gempa bumi maupun bencana alam lainnya<sup>30</sup>.

Lampung menjadi salah satu daerah yang dilewati oleh sesar besar Sumatera (*great Sumatera fault*) atau biasa disebut sesar Semangko<sup>31</sup>. Sesar yang berada di wilayah Lampung yaitu Sesar Sunda, Kumering, Tarahan, dan Sesar Semangko. Banyak sesar-sesar minor yang terbentuk akibat aktifitas sesar Semangko dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.

---

<sup>25</sup> Supriyanto Rohadi, “Studi Seismotektonik Sebagai Indikator Potensi Gempabumi Di Wilayah Indonesia,” *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika* 10, no. 2 (2015).

<sup>26</sup> Satria Subkhi Arifin, “Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor Dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa Dan Sekitarnya,” *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)* 2, no. 01 (2014): 30–40.

<sup>27</sup> Murtianto, “Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat Dan Sekitarnya.”

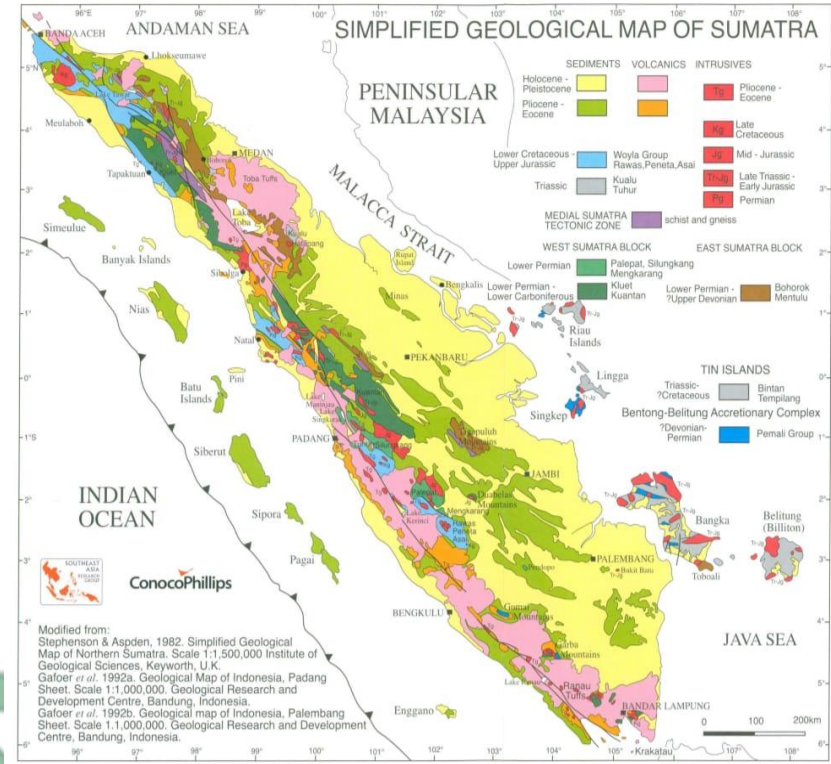
<sup>28</sup> Heru Sri Naryanto, “Analisis Potensi Kegempaan Dan Tsunami Di Kawasan Pantai Barat Lampung Kaitannya Dengan Mitigasi Dan Penataan Kawasan,” *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia* 10, No. 2 (2012).

<sup>29</sup> Kurniawan Alet, “Implementasi Model Electre Dan Simple Additive Weighting Untuk Menentukan Kota Pendidikan” (Perpustakaan Universitas Teknokrat Indonesia, 2018).

<sup>30</sup> Pipit Melinda Meitawati, “Perbandingan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Berdasarkan Modifikasi Konstanta Atenuasi Dan Data Accelerograph Tahun 2008-2016 Pada Stasiun Bmkg Lampung,” 2017.

<sup>31</sup> Marsel Akbar And Stevanus Nalendra Jati, “Terminologi Diskontinuitas Struktural Geologi,” N.D.





Gambar 1.2 Peta Geologi Pulau Sumatera  
(Barber, Aj, Crow Mj, dan Milsom Js, 2005)

Sesar atau patahan adalah fraktur planar atau diskontinuitas dalam volume batuan, dimana terjadi perpindahan signifikan yang merupakan akibat dari gerakan dasar batuan<sup>32</sup>. Sesar semangko membentang di pulau sumatera dari utara ke selatan, di mulai dari aceh hingga teluk semangka di Lampung<sup>33</sup>. Patahan inilah yang membentuk pemandangan alam yang indah yaitu pegunungan barisan yang terlihat seperti suatu rangkaian dataran tinggi di sisi barat pulau ini. Gempa bumi yang terjadi tidak hanya mempengaruhi wilayah yang menjadi pusat gempa, tetapi juga wilayah sekitarnya sesuai

<sup>32</sup> Marsel Akbar And Stevanus Nalendra Jati, "Terminologi Diskontinuitas Struktural Geologi," N.D.

<sup>33</sup> Tri Mairah Pangestuti, Mustofa Kamil, And Sardin Sardin, "Model Pelatihan Andragogi Berbasis Media Virtual Reality Dalam Peningkatan Kesiapsiagaan Bencana," *Indonesian Journal Of Adult And Community Education* 2, No. 1 (N.D.): 38-42.

dengan teori bertetanggan (neighborhood)<sup>34</sup>. Hal ini sesuai dengan teori yang terdapat pada model spasial yang menyatakan seringkali pengamatan di suatu lokasi bergantung dengan pengamatan di suatu lokasi lain yang berdekatan<sup>35</sup>.

Banyak sekali metode yang digunakan dalam melakukan perkiraan terjadinya Gempa bumi. pada penelitian ini, peneliti menggunakan model spasial. Model spasial menjadi salah satu instrumen yang perlu di pergunakan sebagai model yang dapat memperkirakan zona atau lokasi rawan gempa karena pada beberapa model spasial yang sederhana akan menunjukkan efek kolerasi pada estimasi, prediksi, dan desain. Model ini memungkinkan ekspresi bentuk tertutup untuk dihitung, sehingga diskusi tentang isu-isu yang lebih umum dapat dimulai<sup>36</sup>. Data spasial memuat informasi “lokasi”, jadi tidak hanya “apa” yang diukur tetapi menunjukkan lokasi dimana data itu berada<sup>37</sup>.

Ada banyak sekali penelitian yang menggunakan model spasial dalam memecahkan suatu masalah, misalnya saja untuk menganalisis penggunaan lahan di suatu kota<sup>38</sup>, menganalisis indeks penggunaan lahan terhadap kemampuan lahan<sup>39</sup>, menganalisis usia anak putus sekolah<sup>40</sup>, analisis perkembangan lahan terbaru<sup>41</sup>, analisis pencemaran

---

<sup>34</sup> Fernando Siregar, Chandra Tanaka, And Andrew Marthin, “Konsep Komunitas Arsitektur Perumahan Real Estate: Kaitannya Dengan Konsep Neighborhood Dan Modal Sosial,” *Jurnal Arsitektur* 11, No. 1 (2021): 41–52.

<sup>35</sup> James Lesage, “Spatial Econometrics,” In *Handbook Of Research Methods And Applications In Economic Geography* (Edward Elgar Publishing, 2015).

<sup>36</sup> Noel Cressie, *Statistics For Spatial Data* (John Wiley & Sons, 2015).

<sup>37</sup> Nuril Faiz, Rita Rahmawati, And Diah Safitri, “Analisis Spasial Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue Dengan Indeks Moran Dan Geary’sc (Studi Kasus Di Kota Semarang Tahun 2011),” *Jurnal Gaussian* 2, No. 1 (2013): 69–78.

<sup>38</sup> Wu Liu Et Al., “Land Use Regression Models Coupled With Meteorology To Model Spatial And Temporal Variability Of No2 And Pm10 In Changsha, China,” *Atmospheric Environment* 116 (2015): 272–80.

<sup>39</sup> Siti Hadjar Kubangun, Oteng Haridjaja, And Komarsa Gandasasmita, “Model Spasial Bahaya Lahan Kritis Di Kabupaten Bogor, Cianjur Dan Sukabumi,” *Majalah Ilmiah Globe* 16, No. 2 (2014).

<sup>40</sup> Musfika Rati, Esther Nababan, And Sutarman Sutarman, “Model Regresi Spasial Untuk Anak Tidak Bersekolah Usia Kurang 15 Tahun Di Kota Medan,” *Saintia Matematika* 1, No. 1 (2013): 87–99.

<sup>41</sup> Muhammad Sufwandika Wijaya and Bowo Susilo, “Integrasi Model Spasial Cellular Automata Dan Regresi Logistik Biner Untuk Pemodelan Dinamika

udara dari sumber transportasi<sup>42</sup>, Pemodelan Spasial untuk Kemiskinan: Perbandingan Model Spasial Error dan Regresi Berbobot Geografis<sup>43</sup>. Achi Rinaldi dalam disertasinya yang mengembangkan model Spatio-Temporal Conditional Autoregressive untuk pendugaan curah hujan ekstrim di wilayah Jawa Barat<sup>44</sup>, Anik Djuraidah dalam disertasinya juga menggunakan model Aditif Spatio-Temporal untuk pencemaran udara  $Pm_{10}$  dan Ozon di kota Surabaya dengan pendekatan model Linier Campuran<sup>45</sup>. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada lokasi penelitian dan juga metode yang digunakan.

Sesuai dengan deskripsi dari permasalahan diatas, peneliti termotivasi untuk melakukan penelitian dengan mengangkat judul “**Estimasi Gempa bumi Untuk Wilayah Lampung Menggunakan Model Spatial Autoregressive (SAR)**”.

### C. Identifikasi Masalah

Berlandaskan latar belakang masalah diatas, maka dapat dideskripsikan permasalahannya sebagai berikut :

1. Tingkat kesadaran dan pemahaman masyarakat masih rendah terhadap masalah Gempa bumi.
2. Masih kurangnyaantisipasi dari semua elemen masyarakat dalam menyikapi masalah Gempa bumi.

### D. Rumusan Masalah

Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus Kota Salatiga),” *Jurnal Bumi Indonesia* 2, no. 1 (2013).

<sup>42</sup> Filson Maratur Sidjabat And Driejana, “Raya ( Studi Kasus Di Wilayah Karees Dan Cibeunying Kidul , Bandung ) Spatial Modelling Of Traffic-Origin Air Pollutant Dispersion Into Indoor Air Quality In Nearby Houses ( Case Study In Karees And Cibeunying Kidul Area , Bandung )” 23, No. 2 (2017): 11–22.

<sup>43</sup> Achi Rinaldi Et Al., “Spatial Modeling For Poverty: The Comparison Of Spatial Error Model And Geographic Weighted Regression,” *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika* 12, No. 1 (2021): 237–51.

<sup>44</sup> Achi Rinaldi, “Pengembangan Model Spatio-Temporal Conditional Autoregressive Untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrim Di Wilayah Jawa Barat.[Disertasi],” *Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor*, 2018.

<sup>45</sup> Anik Djuraidah And Aji Hamim Wigena, “Regresi Spasial Untuk Menentukan Faktorfaktor Kemiskinan Di Provinsi Jawa Timur,” *Statistika* 12, No. 1 (2012).

Apakah model SAR yang digunakan untuk memodelkan area kawasan rawan gempa di provinsi Lampung memberikan hasil yang baik ?

### **E. Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui model SAR yang digunakan dalam memodelkan area kawasan rawan gempa di provinsi Lampung memberikan hasil yang baik.

### **F. Batasan Masalah**

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi oleh masalah gempa tektonik yang ada di provinsi Lampung serta pemodelan zona rawan gempa dengan bantuan aplikasi R 4.03 serta menggunakan spasial autoregressive model (SAR) yang merupakan pendekatan dari regresi spasial.

- a. Episenter :  $105^{\circ}45'$  -  $103^{\circ}48'$ BT dan  $3^{\circ}45'$  -  $6^{\circ}45'$  LS
- b. Magnitude :  $M \geq 4,0$
- c. Kedalaman :  $\leq 300$  km

### **G. Manfaat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan kebermanfaatannya. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi tuntunan dan ilmu pengetahuan baru bagi praktisi maupun akademisi antara lain sebagai berikut :

#### 1. Bagi peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memajukan referensi ilmu pengetahuan untuk peneliti lain khususnya berkaitan dengan pemodelan zonasi (lokasi) rawan gempa dengan model spasial autoregressive.

#### 2. Bagi mahasiswa

Penelitian ini dapat menambah referensi mengenai analisis daerah yang memiliki tingkat kerawanan gempa tinggi, rendah, ataupun sedang di wilayah kota Bandar Lampung dengan menggunakan model spasial dan menghasilkan peta lokasi rawan gempa yang relevan

### 3. Bagi masyarakat

Penelitian ini dapat menjadi sumber atau bahan referensi untuk menganalisis hasil dari pemodelan dapat digunakan sebagai bahan sosialisasi kepada masyarakat tentang daerah yang menjadi lokasi rawan gempa di kota Bandar Lampung.

## H. Kajian Penelitian Terdahulu Yang Relevan

Peneliti dalam penelitian ini mengacu pada beberapa penelitian relevan yang telah dilakukan terlebih dahulu terkait dengan model spasial, dan Gempa bumi. Adapun hasil dari penelitian-penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Model Spatio-temporal Conditional Autoregressive telah digunakan untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrem di Wilayah Jawa Barat menunjukkan hasil bahwa zona khusus curah hujan ekstrem berhasil dibentuk melalui metode pemuluan yang digambarkan sebagai plot kontur<sup>46</sup>.
2. Model Aditif Spatio-Temporal telah digunakan untuk Pencemar udara PM<sub>10</sub> dan Ozon di Kota Surabaya dengan pendekatan Model Linear Campuran menunjukkan hasil bahwa zona pencemar udara PM<sub>10</sub> dan Ozon di kota Surabaya berhasil dibentuk dengan model Aditif Spatio-Temporal dengan pendekatan Model Linear Campuran<sup>47</sup>.
3. Model *Spatial Autoregressive Model* (SAR) dan *Spatial Error Model* (SEM) telah dilakukan untuk mendapatkan pemodelan investasi daerah di Indonesia dan menghasilkan model terbaik yaitu dengan model SAR<sup>48</sup>.
4. Penelitian mengenai estimasi gempa bumi telah dilakukan dengan menggunakan distribusi gumbel untuk menganalisis kejadian gempa bumi sebelumnya yang menghasilkan

---

<sup>46</sup> Rinaldi, "Pengembangan Model Spatio-Temporal Conditional Autoregressive Untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrem Di Wilayah Jawa Barat.[Disertasi]."

<sup>47</sup> Djuraidah and Wigena, "Regresi Spasial Untuk Menentukan Faktor-faktor Kemiskinan Di Provinsi Jawa Timur."

<sup>48</sup> Husna, "Pemodelan Investasi Daerah Di Indonesia Dengan Pendekatan Regresi Spasial Data" (Institut Teknologi Sepuluh Noverber, 2017).

prediksi tingkat pengulangan terjadinya gempa bumi di wilayah Sulawesi<sup>49</sup>.

## I. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam memahami skripsi ini akan dikemukakan lima bab dan setiap bab terdiri dari beberapa sub-bab. Adapun isi dari bab tersebut adalah sebagai berikut :

1. BAB I : Memaparkan tentang penegasan judul, Latar belakang masalah, identifikasi masalah, Batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian penelitian terdahulu yang relevan, dan sistematika pembahasan.
2. BAB II : Bab ini membahas mengenai landasan teoritis yaitu Gempa bumi, regresi spasial, Analisis spasial, model SAR.
3. BAB III : Bab yang memaparkan pembahasan mengenai Metodologi penelitian yang dilakukan peneliti meliputi Waktu Penelitian, Metode Penelitian, dan Diagram Alir Metode Penelitian.
4. BAB IV : Bab ini membahas mengenai Deskripsi Data, Proses Analisis Data mulai dari Uji *Moran's I*, Uji *Lagrange Multiplier*, Uji Estimasi Parameter, Uji Asumsi Model, dan membahas hasil penelitian.
5. BAB V : Merupakan bab penutup (terakhir) dari isi skripsi yang meliputi kesimpulan dan saran yang diambil berdasarkan pembahasan yang ada di bab sebelumnya.

---

<sup>49</sup> Yustiani Frastika, Guntur Pasau, and Jantje D Prang, "Estimasi Periode Ulang Gempa Bumi Di Wilayah Sulawesi Dengan Menggunakan Distribusi Gumbel," *Jurnal MIPA 2*, no. 2 (2013): 151–55.



## BAB II LANDASAN TEORI

### A. Model Spasial

Data spasial sendiri merupakan data yang memuat suatu informasi lokasi<sup>50</sup>. Pada data spasial, seringkali pengamatan di suatu lokasi bergantung dengan pengamatan di suatu lokasi lain yang berdekatan<sup>51</sup>. Setiap analisis statistik data pada kisi spasial, harus ditentukan apakah lokasi (1) teratur atau tidak beraturan, (2) mewakili titik atau wilayah, (3) adalah indeks untuk variable acak kontinu atau diskrit<sup>52</sup>. Model regresi spasial setiap pengamatannya sesuai dengan lokasi atau wilayah. Proses menghasilkan data untuk sebuah persilangan konvensional sampel non spasial dari  $n$  pengamatan independen  $y_i, i = 1, \dots, n$  yang linier terkait dengan variable penjelas dalam sebuah matriks  $X$ .<sup>53</sup>

Pemodelan spasial dapat diartikan sebagai sekelompok mekanisme atau metodologi yang digunakan sebagai alat mendapatkan informasi mengenai hubungan spasial antar informasi geografis (ESRI). Pemodelan spasial menggunakan teknik analisis data spasial (lokasi) untuk mendapatkan model-model spasial yang memiliki tujuan menginterpretasikan fenomena di permukaan bumi sehingga dapat mengestimasi peristiwa alam yang akan terjadi. Model spasial sebagai abstraksi wujud dunia nyata, dalam pengertian ini model yaitu suatu cara untuk mengilustrasikan fenomena di muka bumi yang diperoleh dari variabel-variabel terukur<sup>54</sup>. Model biasanya terdiri dari serangkaian aturan prosedur untuk menentukan keterangan baru yang dapat dipergunakan dalam membantu perencanaan dan

---

<sup>50</sup> Oliver Schabenberger and Carol A Gotway, *Statistical Methods for Spatial Data Analysis* (CRC press, 2017).

<sup>51</sup> LeSage, "Spatial Econometrics."

<sup>52</sup> Cressie, *Statistics for Spatial Data*.

<sup>53</sup> Rob Beelen et al., "Mapping of Background Air Pollution at a Fine Spatial Scale across the European Union," *Science of the Total Environment* 407, no. 6 (2009): 1852–67.

<sup>54</sup> Nugroho Purwono, "Pemodelan Spasial Untuk Identifikasi Banjir Genangan Di Wilayah Kota Surakarta Dengan Pendekatan Metode Rasional (Rational Runoff Method)" (Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013).



mendapatkan solusi<sup>55</sup>. model juga didefinisikan sebagai alat yang dapat mewakili suatu data real pada obyek atau kejadian pada dunia nyata.

### 1. Spatial Autoregressive Models (SAR)

*Spatial Autoregressive* merupakan salah satu model yang mengkombinasikan model regresi sederhana dan lag spasial pada variabel dependen dengan menggunakan data cross section<sup>56</sup>. lag spasial memiliki ciri khusus ditunjukkan dengan dimasukkannya variabel baru disisi kanan dari persamaan. Model *Spatial Autoregressive* terbentuk apabila  $W_2 = 0$  dan  $\lambda = 0$ , yang membuat model ini mengasumsikan bahwa proses *autoregressive* pada variabel respon. Model *Autoregressive Spasial* (SAR) berguna untuk menganalisis, karakterisasi, dan menafsirkan fenomena spasial real bernilai  $X \{X_s, s \in S\}$  didefinisikan pada diskrit spasial jaringan  $S$  yang memiliki lingkungan geometri<sup>57</sup>. Model ini yaitu perluasan dari model autoregressive orde pertama, dimana variabel respon tidak hanya dipengaruhi oleh lag variabel respon itu sendiri tetapi juga dipengaruhi oleh variabel prediktor<sup>58</sup>. Mekanisme autoregressive juga menyerupai analisis deret waktu sama seperti model spasial autoregressive order pertama<sup>59</sup>. Untuk menentukan variabel mana yang memberikan pengaruh pada model SAR ini dapat di uji dengan menggunakan uji signifikansi parsial dengan rumusan hipotesis :

$H_0$  : Parameter tidak signifikan

$H_1$  : Parameter signifikan

---

<sup>55</sup> Agung Indrajit Et Al., “Developing A Spatial Planning Information Package In Iso 19152 Land Administration Domain Model,” *Land Use Policy* 98 (2020): 104111.

<sup>56</sup> Carlo Gaetan and Xavier Guyon, *Spatial Statistics and Modeling*, vol. 90 (Springer, 2010).

<sup>57</sup> Fatkhurokhman Fauzi, “Model Regresi Spasial Terbaik Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Jawa Tengah” (Universitas Negeri Semarang, 2016).

<sup>58</sup> Youla M A Latupeirissa, Nelson Nainggolan, And Tohap Manurung, “Model Generalized Space Time Autoregressive (Gstar) Orde 1 Dan Penerapannya Pada Prediksi Harga Beras Di Kota Bitung, Kabupaten Minahasa Dan Kabupaten Minahasa Selatan,” *D’cartesian* 3, No. 1 (2014): 43–49.

<sup>59</sup> Nelfa Sari And Hazmira Yozza, “Pendugaan Parame Ter Model Autoregressive Pada Deret Waktu,” *Jurnal Matematika Unand* 3, No. 4 (2014): 28–37.

## 2. Analisis Regresi

Regresi sederhana yaitu persamaan matematik yang menerangkan tentang variabel respon atau variabel dependen dan variabel independen atau variabel prediktor<sup>60</sup>. Pada analisis regresi ingin mengetahui kaitan satu arah antara variabel yang lebih khusus, dimana variabel x berguna sebagai variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi, dan variabel y sebagai variabel terikat yaitu variabel yang dipengaruhi<sup>61</sup>. kaitan antara variabel bebas dengan variabel terikat atau dependen di bagi menjadi dua yaitu analisis regresi sederhana dan analisis regresi berganda.<sup>62</sup>

### 1) Analisis Regresi Sederhana

Analisis regresi sederhana merupakan analisis regresi yang mendeskripsikan hubungan antara satu peubah respon dengan satu prediktor<sup>63</sup>. Bentuk umum model regresi sederhana yaitu sebagai berikut :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \text{ dan } j = 1, 2, \dots, k$$

### 2) Analisis Regresi Berganda

Analisis regresi yang mengoperasikan pengaruh lebih dari satu variabel independen terhadap sebuah variabel dependen disebut analisis regresi berganda<sup>64</sup>. Bentuk umum model regresi berganda adalah sebagai berikut :

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i$$

Keterangan :

$Y_i$  = variabel respon pada pengamatan ke-1 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$\beta_0$  = konstanta

$\beta_j$  = koefisien regresi ke-j ( $j = 1, 2, \dots, k$ )

<sup>60</sup> I Made Yuliara, "Regresi Linier Sederhana," *Regresi Linier Sederhana* 13 (2016).

<sup>61</sup> Fridayana Yudiaatmaja, *Analisis Regresi Dengan Menggunakan Aplikasi Komputer Statistik* (Gramedia Pustaka Utama, 2013).

<sup>62</sup> Yumira Tampil, Hanny Komaliq, And Yohanes Langi, "Analisis Regresi Logistik Untuk Menentukan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Prestasi Kumulatif (Ipk) Mahasiswa Fmipa Universitas Sam Ratulangi Manado," *D'cartesian* 6, No. 2 (2017): 56–62.

<sup>63</sup> Ibid.

<sup>64</sup> Yusfita Yusuf Et Al., *Pengantar Dasar Statistika Berbasis Masalah* (Jakad Media Publishing, N.D.).

$X_{ij}$  = variabel predictor ke-j pada pengamatan ke-i  
 $\varepsilon_i$  = residual dengan asumsi identik, independen, dan berdistribusi normal dengan *mean* nol dan varians  $\sigma^2$   
 $n$  = banyaknya amatan atau lokasi ( $k + 1$ )

### 3. Analisis Regresi Spasial

Analisis regresi digunakan untuk memodelkan hubungan antara peubah respond dengan satu atau lebih peubah penjelas. Metode yang digunakan untuk memodelkan suatu data yang memiliki unsur spasial yaitu Regresi Spasial. Model umum regresi spasial atau biasa disebut *Spatial Autoregressive Moving Average* (SARMA) dalam bentuk matriks. Keterkaitan tersebut juga dapat dinyatakan dengan nilai suatu lokasi bergantung pada nilai lokasi lain yang berdekatan atau bertetanggan (*neighboring*)<sup>65</sup>. Bentuk persamaan umum regresi spasial yaitu sebagai berikut :

$$Y = \rho W y + X \beta + u$$

$$u = \lambda W u + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$$

Keterangan :

Y : vektor variabel dependen berukuran  $1 \times n$

X : matriks variabel independen dengan ukuran  $n \times (k + 1)$

B : vector koefisien parameter regresi dengan ukuran  $(k + 1) \times 1$

P : parameter koefisien spasia lag variabel

$\lambda$  : parameter koefisien spasial lag *error*

u,  $\varepsilon$  : vector error dengan ukuran  $n \times n$

W : matriks pembobot dengan ukuran  $n \times n$

K : jumlah daerah yang diamati atau lokasi yang diamati

I : matriks identitas dengan ukuran  $n \times n$

Dengan y adalah vector peubah respon berukuran  $1 \times n$ , **X** adalah matriks peubah penjelas berukuran  $n \times (p + 1)$ ,  **$\beta$**  adalah vector koefisien parameter regresi yang berukuran  $p \times 1$ ,  $\rho$  adalah koefisien otokolerasi spasial pada peubah respon yang bernilai  $|\rho| < 1$ ,  $\lambda$  adalah koefisien otokorelasi spasial pada galat yang bernilai  $|\lambda| < 1$ , **u** adalah

vector galat berukuran  $n \times 1$ ,  $\mathbf{W}$  merupakan matriks pembobot spasial yang berskala  $n \times n$ ,  $\boldsymbol{\varepsilon}$  adalah galat acak yang diasumsikan memencar normal dengan nilai tengah  $\mathbf{0}$  dan ragam  $\sigma^2\mathbf{I}$ , dan  $n$  adalah banyak pengamatan<sup>66</sup>.

berdasarkan persamaan diatas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}y - \rho W y &= X \beta + u \\(I - \rho W) y &= X \beta + u\end{aligned}$$

Sedangkan persamaan  $u = \lambda W u + \varepsilon$  juga dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\begin{aligned}(1 - \lambda W) u &= \varepsilon \text{ atau} \\u &= (1 - \lambda W)^{-1} \varepsilon\end{aligned}$$

kedua persamaan tersebut jika disubstitusikan akan menjadi :

$$(I - \rho W) y = X \beta + (1 - \lambda W)^{-1} \varepsilon$$

Pendugaan parameter pada model umum persamaan regresi spasial dalam bentuk matrik yaitu :

$$\hat{\beta} = (\widehat{X^T X})^{-1} X^T ((I - \rho W) y)$$

#### 4. Efek Spasial

##### a. Matriks Pembobot Spasial

Matriks pembobot spasial adalah suatu komponen utama dalam pemodelan spasial yang menjelaskan dependensi antar lokasi amatan. Diagonal matriks  $W$ ,  $w_{ii} = 0$  karena diasumsikan tidak ada unit spasial yang bertetangga dengan dirinya sendiri atau tidak ada pengaruh lokasi terhadap dirinya sendiri<sup>67</sup>. Bentuk umum matriks pembobot spasial yaitu :

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & W_{nn} \end{bmatrix}$$

Nilai  $W_{ij}$  akan bernilai 0 apabila  $i$  dan  $j$  tidak saling bersisian dan apabila  $i$  dan  $j$  saling bersisian maka  $W_{ij}$  akan bernilai 1.

<sup>66</sup> Djuraidah and Wigena, "Regresi Spasial Untuk Menentukan Faktor-faktor Kemiskinan Di Provinsi Jawa Timur."

<sup>67</sup> Anik Djuraidah, *Penerapan Dan Pengembangan Regresi Spasial Dengan Studi Kasus Pada Kesehatan, Sosial, Dan Ekonomi* (Bogor: IPB press, 2020).

b. Efek Heteroskedastisitas

Efek Heteroskedastisitas dibutuhkan untuk melihat adakah kesamaan varians dari residual suatu pengamatan ke pengamatan yang lain<sup>68</sup>. Jika terdapat kesamaan dengan penelitian lain, maka akan terjadi efek homoskedastisitas. Suatu penelitian dinyatakan memenuhi uji prasyarat apabila mengalami Heteroskedastisitas yaitu terdapat perbedaan varians dari residual ke pengamatan lain.

c. Efek Dependensi Spasial (Spatial Dependence)

Adanya dependensi data wilayah mengakibatkan terjadinya Dependensi spasial. Berdasarkan hukum Tobler I (1979) yaitu segala sesuatu saling berhubungan dengan hal yang lain tetapi sesuatu yang lebih dekat memiliki efek yang lebih besar<sup>69</sup>. Efek dependensi spasial dapat diselesaikan dengan pendekatan area. Untuk mendeteksi apakah terdapat ketergantungan spasial dapat menggunakan uji statistik Lagrange Multiplier (LM)<sup>70</sup>.

1) Moran'I

Moran's I adalah sebuah uji statistik lokal untuk melihat nilai autokorelasi spasial, yang mana digunakan untuk mengidentifikasi suatu lokasi dari pengelompokan spasial atau autokorelasi spasial<sup>71</sup>. Rumus Moran's I untuk matrik pembobot (W) tidak dalam bentuk normalitas, yaitu

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n} \cdot \frac{e'W_e}{e'e}$$

Dengan  $e_i = Y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$  adalah sebuah vektor deviasi untuk rata-rata sampel dan  $W = [W_{ij}]$  yaitu matriks bobot spasial.

<sup>68</sup> Stefanus Antara, Jantje Sepang, And Ivonne S Saerang, "Analisis Rasio Likuiditas, Aktivitas, Dan Profitabilitas Terhadap Return Saham Perusahaan Wholesale Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia," *Jurnal Emba: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi* 2, No. 3 (2014).

<sup>69</sup> Riswanti Oktaviani, "Estimasi Model Regresi Semiparametrik Dengan Penduga Nadaraya-Watson Kernel Uniform," 2019.

<sup>70</sup> Inna Firindra Fatati, Hari Wijayanto, And Agus M Sholeh, "Analisis Regresi Spasial Dan Pola Penyebaran Pada Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) Di Provinsi Jawa Tengah," *Media Statistika* 10, No. 2 (2017): 95–105.

<sup>71</sup> Rati, Nababan, And Sutarman, "Model Regresi Spasial Untuk Anak Tidak Bersekolah Usia Kurang 15 Tahun Di Kota Medan."

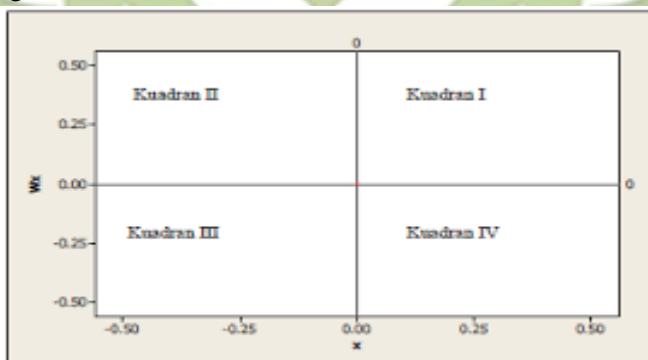
Uji *Moran's I* dalam bentuk normalitas dengan matrik pembobot (*W*) dirumuskan :

$$I = \frac{e'W_e}{e'e}$$

Nilai ekspektasi dari *Moran's I* adalah :

$$E(I) = I_0 = -\frac{1}{n-1}$$

Uji statistik *Moran's I*, dibatasi oleh 1.0 (yang berarti kluster spasial bernilai autokorelasi positif) dan -1.0 (yang berarti kluster spasial bernilai autokorelasi negatif). Nilai autokorelasi spasial dikatakan kuat, jika pengelompokkan rendah tingginya suatu nilai variabel sama dengan kelompok dan daerah sekitarnya (common side). Alat visualisasi yang berguna untuk menilai pola spasial dan clustering spasial dinamakan *Moran scatter plot*<sup>72</sup>. Jika  $I > I_0$  maka nilai autokorelasi bernilai positif, sedangkan jika  $I < I_0$  maka nilai autokorelasi bernilai negatif<sup>73</sup>. Pembagian kuadrannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.1 Kuadran *Moran's I*

1. Kuadran I dinamakan High-High (HH), dimana nilai observasi tinggi dikelilingi oleh daerah yang juga memiliki nilai observasi tinggi.

<sup>72</sup> Manfred M Fischer Et Al., "The Impact Of Human Capital On Regional Labor Productivity In Europe," In *Handbook Of Applied Spatial Analysis* (Springer, 2010), 585–97.

<sup>73</sup> Elsa Meirina and Henryanto Abaharis, "Mekanisme Good Corporate Governance Dan Leverage Terhadap Kinerja Keuangan Perbankan," *Jurnal Pundi* 3, no. 3 (2020): 215–26.

2. Kuadran II dinamakan Low-High (LH) menunjukkan nilai observasi rendah dikelilingi oleh daerah yang memiliki nilai observasi tinggi
3. Kuadran III dinamakan Low-Low (LL), yang mana nilai observasi rendah juga dikelilingi oleh daerah yang memiliki nilai observasi rendah.
4. Kuadran IV dinamakan High-Low (HL), menunjukkan nilai observasi tinggi dikelilingi oleh daerah yang memiliki nilai observasi yang rendah.

## 2) *Lagrange Multiplier (LM) Test*

Uji LM (*Lagrange Multiplier*) adalah uji untuk memastikan suatu model memiliki efek spasial atau tidak<sup>74</sup>. *Lagrange Multiplier* (LM) menghasilkan nilai sisa yang diperoleh dari kuadrat terkecil dan hitungan matrik bobot spasial pada penggunaan  $W$ . Bentuk umum tes LM (*Lagrange Multiplier*) yaitu :

$$LM = \frac{e'W_e}{\sigma^2} [T_{22} - (T_{21})^2 \text{var}(\rho)]^{-1} - \chi^2$$

$$T_{22} = \text{trace}(W.*W + W'W)$$

$$T_{21} = \text{trace}(W.*CA - 1 + W'CA^{-1})$$

Dengan

$e$  = nilai residu dari hasil OLS

$n$  = banyaknya observasi

$C$  = Matriks standard dari WRock

\*= Operasi perkalian titik pada elemen matriks

Pada Uji Lagrange Multiplier (LM), ada tiga hipotesis yang dilakukan,

1. Untuk SAR,  $H_0 : \lambda = 0$  dan  $H_1 : \lambda \neq 0$
2. Untuk SEM,  $H_0 : \rho = 0$  dan  $H_1 : \rho \neq 0$
3. Untuk Mixture model,  $H_0 : \rho, \lambda = 0$  dan  $H_1 : \rho, \lambda \neq 0$

Dalam mengambil keputusan, tolak  $H_0$  LM  $> \chi^2$  atau  $pvalue < \alpha$ .

---

<sup>74</sup> Badi H Baltagi, Qu Feng, and Chihwa Kao, "A Lagrange Multiplier Test for Cross-Sectional Dependence in a Fixed Effects Panel Data Model," *Journal of Econometrics* 170, no. 1 (2012): 164–77.

## B. Gempa bumi

### 1. Definisi Gempa bumi

Gempa bumi adalah getaran atau getar-getar yang terjadi di permukaan bumi yang dihasilkan dari pelepasan energi yang ada di dalam secara mendadak sehingga menciptakan gelombang seismik<sup>75</sup>. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak (lempeng) Bumi. Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran Gempa bumi yang dialami selama periode waktu<sup>76</sup>.

Secara ilmiah, Gempa bumi yaitu suatu keadaan dimana berlangsung pelepasan energi gelombang *seismik* yang tidak dapat di prediksi kapan terjadinya<sup>77</sup>. Gempa bumi merupakan bencana alam yang belum dapat di prediksi dimana dan kapan akan terjadi lagi di masa yang akan datang. Meskipun Gempa bumi rawan terjadi di daerah *ring of fire*, tapi dibagian mana dan kapan akan terjadi belum bisa dipastikan secara pasti. Kebanyakan Gempa bumi terjadi akibat adanya pergerakan lempeng bumi yang menghasilkan tekanan sehingga menimbulkan pelepasan energi dari dalam bumi<sup>78</sup>. Semakin lama, lempengan tersebut menyimpan tekanan besar yang tidak dapat di tahan oleh pinggiran lempengan. Pada saat itulah terjadinya Gempa bumi.

Energi yang keluar dari dalam bumi berasal dari sebuah pusat gempa yang dinamakan Hiposentrum. Pusat gempa atau Hiposentrum yaitu sumber gempa yang berada pada posisi dan spesifikasi kedalaman di bumi. kekuatan gempa yang dirasakan benar-benar bergantung pada letak Hiposentrumnya<sup>79</sup>.

---

<sup>75</sup> Saputra, Rosmiati, And Sari, "Pembangunan Prototype Sistem Monitoring Getaran Gempa Menggunakan Sensor Module Sw-420."

<sup>76</sup> Lalu Asri Adhitya Nugraha And Akhmad Fauzy, "Interval Konfidensi Untuk Satu Parameter Distribusi Eksponensial Di Bawah Sensor Tipe-Ii (Studi Kasus Data Waktu Tunggu Gempabumi Besar Di Indonesia)," In *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, Vol. 5, 2014, 371–76.

<sup>77</sup> Evi Rine Hartuti, *Buku Pintar Gempa: Mengenal Seluk-Beluk Gempa, Jenis-Jenisnya, Penyebab-Penyebabnya, Dan Dampak-Dampaknya* (Diva Press, 2009).

<sup>78</sup> Imarotul Muflihah, "Distribusi Dan Pola Sesar Daerah Kepala Burung (Papua Barat)," *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 2014.

<sup>79</sup> Rastri Prathivi, "Optimasi Algoritme Naive Bayes Untuk Klasifikasi Data Gempa Bumi Di Indonesia Berdasarkan Hiposentrum," *Telematika* 13, no. 1 (2020): 36–43.



## 2. Jalur Utama Gempa bumi

Terjadi pada daerah/wilayah tertentu, gempa menjadi suatu bencana eksklusif yang patut dijadikan sorotan. Kita telah mengetahui bahwa Indonesia menjadi wilayah yang rawan bencana Gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik utama dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng indo-australia, dan lempeng pasifik<sup>80</sup>. Terdapat 3 jalur utama Gempa bumi yang merupakan batas pertemuan dari beberapa lempeng tektonik aktif :

### a. Jalur Gempa bumi sirkum pasifik

Jalur Gempa bumi dari Cordilleras De Los Andes (Chili, Equador, dan Caribia), Amerika Tengah, Mexico, British Columbia, Alaska, Alution Island, Kamchatka, Jepang, Taiwan, Filiphina, Indonesia, Polynesia, dan berakhir di New Zealand.

### b. Jalur gempa Mediteranian atau Trans-Asiatic

Jalur ini dimulai dari Azores, Mediteran (Maroko, Portugal, Italia, Balkan, Rumania), Turki, Kaukacus, Irak, Iran, Afganistan, Himalaya, Burma, Indonesia (Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Dan Laut Banda) dan akhirnya bertemu dengan jalur Sirkum Pasifik di daerah Maluku.

### c. Jalur gempa Mid-Atlantic

Jalur ini mengikuti Mid-Atlantic Ridge adalah Spitsbergen, Iceland, dan Atlantik Selatan<sup>81</sup>.

## 3. Gelombang seismik

Pergerakan lempeng bumi terjadi secara tiba-tiba. Hal ini mengakibatkan bumi menghasilkan tekanan akibat energi dari dalam bumi<sup>82</sup>. energi yang ditimbulkan tersebut akan merambat ke seluruh bagian bumi yang menjadi gelombang gempa yang

---

<sup>80</sup> Putri Brilianti, "Tomografi Seismik Daerah Bali Hingga Nusa Tenggara Timur Menggunakan Metode Penjejukan Sinar Fast Marching," 2020.

<sup>81</sup> Ahmad Fulki, "Analisis Parameter Gempa, B Value Dan PGA Di Daerah Papua," 2011.

<sup>82</sup> Achmad Ikhsa Khansha, Astri Novianty, And Anggunmeka Luhur Prasasti, "Noise Handling Pada Sinyal Seismik Menggunakan Discrete Wavelet Transform (Dwt)," *Proceedings Of Engineering* 7, No. 2 (2020).

disebut gelombang seismik<sup>83</sup>. Menurut kamus besar bahasa Indonesia (KBBI) seismik yaitu sesuatu yang berkaitan atau berkenaan dengan Gempa bumi. seismik sendiri berasal dari bahasa Yunani yaitu seismos yang memiliki arti getaran atau guncangan<sup>84</sup>. Terdapat ilmu yang mempelajari tentang seismik yaitu seismologi.

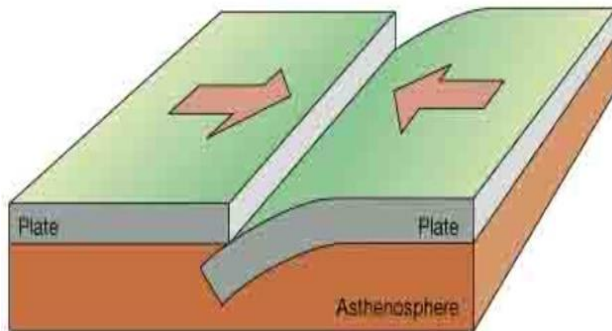
Seiring perkembangan waktu, pemikiran dan pemahaman manusia juga mengalami perkembangan. Teknologi dan ilmu pengetahuan ikut berkembang pesat. Cara pandang atau pemikiran manusia biasanya dituangkan kedalam suatu teori, yang kemudian didukung oleh bukti-bukti ilmiah sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pada zaman dahulu, mulanya manusia mengira bumi yang ada saat ini memiliki struktur bumi yang statis. Manusia berfikir bahwa lautan dan benua-benua yang ada tidak berubah dari sejak terbentuknya bumi. Namun, kemudian pemikiran manusia yang terbuka berkembang dan menghasilkan teori-teori dengan pernyataan bahwa struktur daratan dan lautan bisa mengalami perubahan (dinamis). Teori inilah yang disebut dengan teori lempeng tektonik.

Teori tektonik lempeng menyatakan bahwa lempeng benua yang ada sekarang mengapung diatas astenosfer yaitu lapisan batuan yang lebih berat dan cair. Pergerakan lempeng ini disebabkan oleh adanya dorongan dari arus konveksi mantel. Teori tektonik lempeng juga menyatakan bahwa Bumi terdiri dari lapisan dalam dan luar, kemudian dipisahkan lagi berdasarkan karakteristik fisik atau kimiawinya. Lapisan luar meliputi litosfer dan astenosfer, sedangkan lapisan dalam meliputi mantel dan inti. Pergerakan lempeng tektonik diklasifikasikan menjadi 3 jenis berdasarkan arahnya, yaitu sebagai berikut :

a. Konvergensi

---

<sup>84</sup> Markus Bath, *Introduction to Seismology*, vol. 27 (Birkhäuser, 2013).

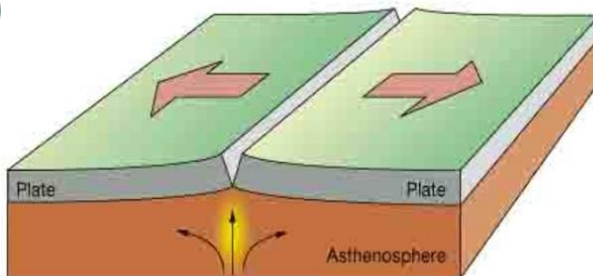


Gambar 2.2 Konvergensi

Sumber : geologypage.com

Gerakan lempeng yang bergerak saling menumbuk satu sama lain sehingga terbentuk zona subduktasi (Proses masuknya sisi lempeng samudra ke bawah lempeng benua) disebut konvergensi. Salah satu lempeng akan tertekuk dan masuk ke bawah bagian lempeng lainnya. Contoh bencana alam akibat pergerakan lempeng konvergen adalah Gempa bumi yang mengakibatkan tsunami di Nanggroe Aceh Darussalam pada 26 Desember 2004 lalu.

b. Divergensi

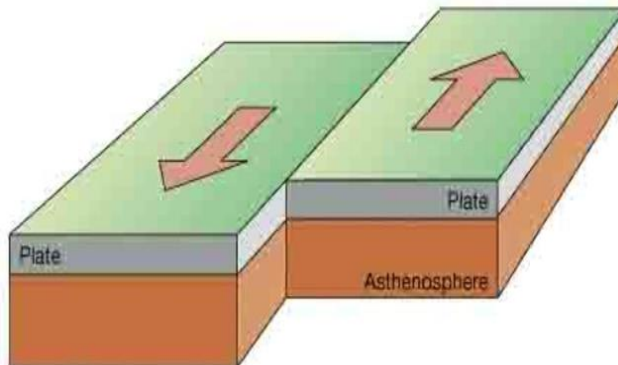


Gambar 2.3 Divergensi

Sumber : geologypage.com

Gerakan lempeng yang bergerak lebih saling menjauhi sehingga terbentuk zona patahan disebut divergensi. Keadaan ini akan menyebabkan magma naik ke permukaan dan mendesak permukaan bumi, sehingga menyebabkan terbentuknya lapisan permukaan bumi yang baru.

c. Transform (sesar mendatar)



Gambar 2.4 Transform (Sesar Mendatar)

Sumber : geologypage.com

Gerakan lempeng yang lebih dipengaruhi gerakan kesamping diantara patahan sesar transform baik secara antagonis maupun sinergis<sup>85</sup>. Contohnya seperti pada gesekan Lempeng Samudra Pasifik dengan lempeng daratan Amerika Utara yang membentuk sesar atau patahan San Andreas (San Andreas Fault)<sup>86</sup>.

4. Parameter Gempa bumi

Parameter Gempa bumi adalah segala keterangan yang berkaitan dengan kejadian Gempa bumi. Parameter Gempa bumi ini meliputi waktu kejadian (*origin time*), lokasi episenter, kedalaman sumber Gempa bumi, dan juga kekuatan Gempa bumi. parameter Gempa bumi yaitu sebagai berikut :

a. Waktu Kejadian (*Origin Time*)

Waktu kejadian gempa (*origin time*) yaitu waktu dimana berlangsungnya aktivitas gempa di lokasi hypocenter<sup>87</sup>. ketika

<sup>85</sup> Dimas Gondhokusumo, "Analisa Model Prediktibilitas Gempa Bumi Kuat Pulau Jawa 1975–2015 Menggunakan Anfis" (Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah ..., n.d.).

<sup>86</sup> Justin R Brown et al., "Deep Low- frequency Earthquakes in Tectonic Tremor along the Alaska- Aleutian Subduction Zone," *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 118, no. 3 (2013): 1079–90.

<sup>87</sup> Guangfu Shao et al., "Focal Mechanism and Slip History of the 2011 M w 9.1 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Constrained with Teleseismic Body and Surface Waves," *Earth, Planets and Space* 63, no. 7 (2011): 559–64.

inilah berlangsungnya pelepasan akumulasi tegangan (stress) berupa gelombang Gempa bumi yang merambat. waktu terjadinya Gempa bumi (*origin time*) dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan detik pada satuan UTC (Universal Time Coordinated)<sup>88</sup>.

b. Episentris

Berasal dari bahasa Inggris *Epicenter* adalah titik di permukaan bumi yang berada tepat di atas atau di bawah kejadian lokal yang memengaruhi permukaan bumi<sup>89</sup>. Episentris berada di atas permukaan bumi, yakni di atas lokasi gempa. Letak Episentris berlawanan dengan posisi hiposentrum yang merupakan titik pusat gempa dan terjadi di dalam bumi.

c. Kedalaman Sumber Gempa

Suatu Gempa bumi terjadi pada kedalaman tertentu. Kedalaman sumber Gempa bumi berada pada sebuah pusat titik yang disebut hiposentrum. Kedalaman sumber Gempa bumi yaitu jarak hypocenter dihitung tegak lurus dari permukaan bumi dalam satuan Km. melalui gelombang seismik, *hypocenter* dapat diukur. Semakin dekat *hypocenter*, gempa yang dihasilkan akan semakin terasa dan kerusakan yang ditimbulkan juga semakin besar. *Hypocenter* yang berada di bawah lautan jauh memiliki resiko yang lebih tinggi karena dapat menciptakan tsunami. Gempa bumi berdasarkan kedalaman letak *hypocenter*-nya terbagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Gempa bumi dangkal dengan kedalaman hypocenter tidak lebih dari 60 Km di atas permukaan bumi.
2. Gempa bumi sedang dengan kedalaman *hypocenter* diantara 60 Km sampai 300 Km di atas permukaan bumi.

---

<sup>88</sup> Basuki Rahmat et al., "Comparison of B-Value Predictions as Earthquake Precursors Using Extreme Learning Machine and Deep Learning," n.d.

<sup>89</sup> Shao et al., "Focal Mechanism and Slip History of the 2011 M w 9.1 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Constrained with Teleseismic Body and Surface Waves."

3. Gempa bumi dalam dengan kedalaman *hypocenter* lebih dari 300 Km diatas permukaan bumi. Magnitude

d. Intensitas gempa bumi

Intensitas gempa bumi adalah besaran/ukuran kerusakan akibat gempa bumi di suatu daerah dan dilihat dari efek akibat gempa<sup>90</sup>. Intensitas Gempa bumi dinyatakan dengan skala Mercally yang biasa disebut MMI (Modified Mercally Intensity).

Tabel 2.1

Intensitas Gempa bumi Skala MMI (Modified Mercally Intensity)

SKALA SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	Tidak dirasakan (not felt)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 2,9
II	Hijau	Dirasakan (Felt)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-IV	2,9 – 88
III	Kuning	Kerusakan Ringan (Slight Damage)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut	VI	89 – 167

<sup>90</sup> Jérémie Gignoux and Marta Menéndez, “Benefit in the Wake of Disaster: Long-Run Effects of Earthquakes on Welfare in Rural Indonesia,” *Journal of Development Economics* 118 (2016): 26–44.

			pada dinding, genteng bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan		
IV	Jingga	Kerusakan Sedang (Moderate Damage)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168 - 564
V	Merah	Kerusakan Berat (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung	IX-XII	> 564

Sumber : BMKG, 2016

e. Magnitude gempa bumi

Magnitude gempa bumi yaitu besaran yang menyatakan kekuatan gempa secara jelas tentang besarnya energi seismik yang dipancarkan dari titik episenter. skala yang digunakan untuk menyatakan besarnya magnitude disebut dengan skala

Ritcher. Skala richter diperkenalkan oleh seorang ahli seismologi dari amerika serikat pada tahun 1934.

Kesebandingan antara skala mercalli dengan skala richter yang dijelaskan pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2

## Kesebandingan antara Skala Mercalli dan Richter

Mercalli	Deskripsi	Richter
I	Hanya dapat di deteksi oleh seismograf	0
II	Guncangan pada orang yang beristirahat dan tangga	-
III	Guncangan pada benda yang digantung	-
IV	Perabot bergetar hebat, pohon terkoyak	4,3
V	Pintu tergeser, cairan tumpah dari gelas	-
VI	Orang berjalan terhuyung-huyung, jendela pecah	4,8
VII	Sulit berdiri, batu bata dan keramik pecah berkeping-keping	-
VIII	Langit-langit runtuh, lantai yang basah retak	6,2
IX	Kepanikan missal, kerusakan fondasi	-
X	Banyak bangunan hancur	-

## 5. Klasifikasi Gempa bumi



Gempa bumi dapat digolongkan menjadi lima kategori berdasarkan proses terjadinya. Berikut adalah klasifikasi Gempa bumi tersebut :

a. Gempa tektonik

Gempa tektonik adalah gempa yang terjadi akibat tumbukan lempeng-lempeng di lapisan litosfer kulit bumi karena adanya tenaga tektonik.

b. Gempa vulkanik

Gempa vulkanik yaitu gempa yang terbentuk karena keaktifan gunung berapi. Dikarenakan hal tersebut gempa ini hanya bisa dirasakan wilayah yang dekat dengan gunung berapi ketika akan meletus, meletus, dan ketika telah terjadi letusan.

c. Gempa runtuh atau longsoran

Gempa runtuh atau longsoran adalah gempa yang terjadi disebabkan adanya reruntuhan tanah atau batuan. Energi potensial yang besar tersimpan di lereng gunung atau pantai yang curam dan sangat beresiko mengalami gempa runtuh ini. Gempa ini sering terjadi di kawasan tambang. Hal ini terjadi karena runtuhnya dinding atau terowongan pada tambang-tambang bawah tanah yang menyebabkan getaran di sekitar daerah reruntuhan. Namun, dampak yang berbahaya justru bersumber dari timbunan batuan atau tanah longsor itu sendiri yang bisa memakan korban jiwa para pekerja tambang.

d. Gempa jatuhan

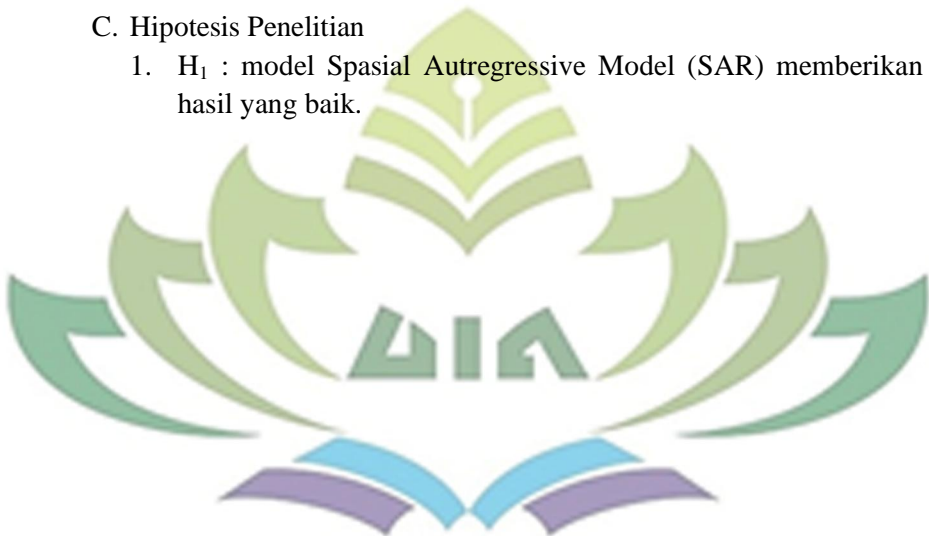
Gempa jatuhan adalah gempa yang terbentuk karena adanya peristiwa benda langit jatuh ke bumi, contohnya meteor. Seperti kita ketahui ada jutaan meteor dan benda langit lainnya yang melintas pada orbit bumi. sewaktu-waktu meteor yang jatuh ke bumi tersebut jatuh ke atmosfer bumi, bahkan terkadang sampai ke permukaan bumi. apabila massa meteor cukup besar, meteor yang jatuh ini akan menghasilkan getaran di bumi. kondisi inilah yang disebut gempa jatuhan. Kemungkinan gempa ini terjadi sangat kecil.

e. Gempa buatan

Gempa buatan adalah gempa yang memang telah direncanakan oleh manusia. Contoh gempa buatan yaitu suatu percobaan peledakan nuklir bawah tanah atau laut yang menimbulkan getaran bumi. hal ini dapat tercatat oleh seismograf seluruh permukaan bumi tergantung kekuatan ledakan. Contoh lainnya yaitu ledakan dinamit di bawah permukaan bumi juga dapat menghasilkan getaran tetapi dampak getarannya sangat local dan tidak menyebar ketempat lain<sup>91</sup>.

### C. Hipotesis Penelitian

1.  $H_1$  : model Spasial Autregressive Model (SAR) memberikan hasil yang baik.



---

<sup>91</sup> Hartuti, *Buku Pintar Gempa: Mengenal Seluk-Beluk Gempa, Jenis-Jenisnya, Penyebab-Penyebabnya, Dan Dampak-Dampaknya*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Malik. "Proses Penanganan Pembongkaran Barang Impor Dari Atas Kapal Ke Wilayah Pengawasan Bea Cukai Tanjung Perak Surabaya." *Karya Tulis*, 2020.
- Akbar, Marsel, And Stevanus Nalendra Jati. "Terminologi Diskontinuitas Struktural Geologi," N.D.
- Alet, Kurniawan. "Implementasi Model Electre Dan Simple Additive Weighting Untuk Menentukan Kota Pendidikan." Perpustakaan Universitas Teknokrat Indonesia, 2018.
- Antara, Stefanus, Jantje Sepang, And Ivonne S Saerang. "Analisis Rasio Likuiditas, Aktivitas, Dan Profitabilitas Terhadap Return Saham Perusahaan Wholesale Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia." *Jurnal Emba: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi* 2, No. 3 (2014).
- Arifin, Satria Subkhi. "Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi H<sub>vsr</sub> Mikrotremor Dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa Dan Sekitarnya." *Jge (Jurnal Geofisika Eksplorasi)* 2, No. 01 (2014): 30–40.
- Baltagi, Badi H, Qu Feng, And Chihwa Kao. "A Lagrange Multiplier Test For Cross-Sectional Dependence In A Fixed Effects Panel Data Model." *Journal Of Econometrics* 170, No. 1 (2012): 164–77.
- Bath, Markus. *Introduction To Seismology*. Vol. 27. Birkhäuser, 2013.
- Beelen, Rob, Gerard Hoek, Edzer Pebesma, Danielle Vienneau, Kees De Hoogh, And David J Briggs. "Mapping Of Background Air Pollution At A Fine Spatial Scale Across The European Union." *Science Of The Total Environment* 407, No. 6 (2009): 1852–67.
- Brilianti, Putri. "Tomografi Seismik Daerah Bali Hingga Nusa Tenggara Timur Menggunakan Metode Penjejakan Sinar Fast Marching," 2020.
- Brown, Justin R, Stephanie G Prejean, Gregory C Beroza, Joan S Gombert, And Peter J Haeussler. "Deep Low- Frequency

Earthquakes In Tectonic Tremor Along The Alaska- Aleutian Subduction Zone.” *Journal Of Geophysical Research: Solid Earth* 118, No. 3 (2013): 1079–90.

Cressie, Noel. *Statistics For Spatial Data*. John Wiley & Sons, 2015.

Desain, C Ilmu Yang Memengaruhi. “Instruksional.” *Tulisan Bersama Tentang Desain Pembelajaran Sd*, 2021, 18.

Djuraidah, Anik. “Optimasi Penentuan Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien Di Kota Surabaya.” In *Forum Statistika Dan Komputasi*, Vol. 11, 2006.

———. *Penerapan Dan Pengembangan Regresi Spasial Dengan Studi Kasus Pada Kesehatan, Sosial, Dan Ekonomi*. Bogor: Ipb Press, 2020.

Djuraidah, Anik, And Aji Hamim Wigena. “Regresi Spasial Untuk Menentukan Faktorfaktor Kemiskinan Di Provinsi Jawa Timur.” *Statistika* 12, No. 1 (2012).

Faiz, Nuril, Rita Rahmawati, And Diah Safitri. “Analisis Spasial Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue Dengan Indeks Moran Dan Geary’sc (Studi Kasus Di Kota Semarang Tahun 2011).” *Jurnal Gaussian* 2, No. 1 (2013): 69–78.

Fajri, Hidayah Nurul, Rahmah Johar, And M Ikhsan. “Peningkatan Kemampuan Spasial Dan Self-Efficacy Siswa Melalui Model Discovery Learning Berbasis Multimedia.” *Beta: Jurnal Tadris Matematika* 9, No. 2 (2016): 180–96.

Fatati, Inna Firindra, Hari Wijayanto, And Agus M Sholeh. “Analisis Regresi Spasial Dan Pola Penyebaran Pada Kasus Demam Berdarah Dengue (Dbd) Di Provinsi Jawa Tengah.” *Media Statistika* 10, No. 2 (2017): 95–105.

Fauzi, Fatkhurokhman. “Model Regresi Spasial Terbaik Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Jawa Tengah.” Universitas Negeri Semarang, 2016.

Febriani, Yeza, Ika Daruwati, And Rindi Genesa Hatika. “Analisis Nilai Peak Ground Acceleration Dan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Data Mikroseismik Pada Daerah Rawan Gempabumi Di Kota Bengkulu.” *Edu Research* 2, No. 2 (2013):

85–90.

- Fischer, Manfred M, Monika Bartkowska, Aleksandra Riedl, Sascha Sardadvar, And Andrea Kunnert. “The Impact Of Human Capital On Regional Labor Productivity In Europe.” In *Handbook Of Applied Spatial Analysis*, 585–97. Springer, 2010.
- Frastika, Yustiani, Guntur Pasau, And Jantje D Prang. “Estimasi Periode Ulang Gempa Bumi Di Wilayah Sulawesi Dengan Menggunakan Distribusi Gumbel.” *Jurnal Mipa* 2, No. 2 (2013): 151–55.
- Fulki, Ahmad. “Analisis Parameter Gempa, B Value Dan Pga Di Daerah Papua,” 2011.
- Gaetan, Carlo, And Xavier Guyon. *Spatial Statistics And Modeling*. Vol. 90. Springer, 2010.
- Gignoux, Jérémie, And Marta Menéndez. “Benefit In The Wake Of Disaster: Long-Run Effects Of Earthquakes On Welfare In Rural Indonesia.” *Journal Of Development Economics* 118 (2016): 26–44.
- Gondhokusumo, Dimas. “Analisa Model Prediktibilitas Gempa Bumi Kuat Pulau Jawa 1975–2015 Menggunakan Anfis.” Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah ..., N.D.
- Hartuti, Evi Rine. *Buku Pintar Gempa: Mengenal Seluk-Beluk Gempa, Jenis-Jenisnya, Penyebab-Penyebabnya, Dan Dampak-Dampaknya*. Diva Press, 2009.
- Hermansyah, Meyliawati Susilo, Cahyadi Nugraha, And Rispianda Rispianda. “Model Simulasi Untuk Analisis Kapasitas Bandar Udara Husein Sastranegara.” *Reka Integra* 2, No. 3 (2014).
- Hidayati, Hidayati, Yulia Jamal, And Masri Masri. “Aplikasi Persamaan Gelombang Nonlinier Korteweg De Vries Pada Gelombang Tsunami,” 2011.
- Howarth, Jamie D, Sean J Fitzsimons, Richard J Norris, And Geraldine E Jacobsen. “Lake Sediments Record High Intensity Shaking That Provides Insight Into The Location And Rupture Length Of Large Earthquakes On The Alpine Fault, New

Zealand.” *Earth And Planetary Science Letters* 403 (2014): 340–51.

Husna. “Pemodelan Investasi Daerah Di Indonesia Dengan Pendekatan Regresi Spasial Data.” Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.

Indrajit, Agung, Bastiaan Van Loenen, Hendrik Ploeger, And Peter Van Oosterom. “Developing A Spatial Planning Information Package In Iso 19152 Land Administration Domain Model.” *Land Use Policy* 98 (2020): 104111.

Irwansyah, Edy. *Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar Dan Pengembangan Aplikasi*. Digibook Yogyakarta, 2013.

Khansha, Achmad Ikhsa, Astri Novianty, And Anggunmeka Luhur Prasasti. “Noise Handling Pada Sinyal Seismik Menggunakan Discrete Wavelet Transform (Dwt).” *Eproceedings Of Engineering* 7, No. 2 (2020).

Kubangun, Siti Hadjar, Oteng Haridjaja, And Komarsa Gandasasmita. “Model Spasial Bahaya Lahan Kritis Di Kabupaten Bogor, Cianjur Dan Sukabumi.” *Majalah Ilmiah Globe* 16, No. 2 (2014).

Latupeirissa, Youla M A, Nelson Nainggolan, And Tohap Manurung. “Model Generalized Space Time Autoregressive (Gstar) Orde 1 Dan Penerapannya Pada Prediksi Harga Beras Di Kota Bitung, Kabupaten Minahasa Dan Kabupaten Minahasa Selatan.” *D’cartesian* 3, No. 1 (2014): 43–49.

Lesage, James. “Spatial Econometrics.” In *Handbook Of Research Methods And Applications In Economic Geography*. Edward Elgar Publishing, 2015.

Liu, Wu, Xiaodong Li, Zuo Chen, Guangming Zeng, Tomás León, Jie Liang, Guohe Huang, Zhihua Gao, Sheng Jiao, And Xiaoxiao He. “Land Use Regression Models Coupled With Meteorology To Model Spatial And Temporal Variability Of No2 And Pm10 In Changsha, China.” *Atmospheric Environment* 116 (2015): 272–80.

Madlazim, Madlazim. “Kajian Awal Tentang B Value Gempa Bumi Di Sumatra.” *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (Jpfa)* 3,

No. 1 (2013): 41–46.

Makmun-Abha, Muhammad. “Gempa Bumi Dalam Al-Qur’an (Tafsir Tematik).” *Esensia: Jurnal Ilmu-Ilmu Ushuluddin* 14, No. 1 (2013): 19–36.

Meirina, Elsa, And Henryanto Abaharis. “Mekanisme Good Corporate Governance Dan Leverage Terhadap Kinerja Keuangan Perbankan.” *Jurnal Pundi* 3, No. 3 (2020): 215–26.

Meitawati, Pipit Melinda. “Perbandingan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Berdasarkan Modifikasi Konstanta Atenuasi Dan Data Accelerograph Tahun 2008-2016 Pada Stasiun Bmkg Lampung,” 2017.

Muflihah, Imarotul. “Distribusi Dan Pola Sesar Daerah Kepala Burung (Papua Barat).” *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 2014.

Murtianto, Hendro. “Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat Dan Sekitarnya.” *Jurnal Geografi Gea* 10, No. 1 (2016): 80–86.

Nahdi, Dede Salim. “Keterampilan Matematika Di Abad 21.” *Jurnal Cakrawala Pendas* 5, No. 2 (2019).

Nainel, Yane Laheroi, Efori Bululolo, And Ikwan Lubis. “Penerapan Data Mining Untuk Estimasi Penjualan Obat Berdasarkan Pengaruh Brand Image Dengan Algoritma Expectation Maximization (Studi Kasus: Pt. Pyridam Farma Tbk).” *Jurikom (Jurnal Riset Komputer)* 7, No. 2 (2020): 214–24.

Naryanto, Heru Sri. “Analisis Potensi Kegempaan Dan Tsunami Di Kawasan Pantai Barat Lampung Kaitannya Dengan Mitigasi Dan Penataan Kawasan.” *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia* 10, No. 2 (2012).

Nugraha, Lalu Asri Adhitya, And Akhmad Fauzy. “Interval Konfidensi Untuk Satu Parameter Distribusi Eksponensial Di Bawah Sensor Tipe-Ii (Studi Kasus Data Waktu Tunggu Gempabumi Besar Di Indonesia).” In *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5:371–76, 2014.

- Nur, Arif Mustofa. "Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya." *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian* 7, No. 1 (2010).
- Oktaviani, Riswanti. "Estimasi Model Regresi Semiparametrik Dengan Penduga Nadaraya-Watson Kernel Uniform," 2019.
- Pangestuti, Tri Mairah, Mustofa Kamil, And Sardin Sardin. "Model Pelatihan Andragogi Berbasis Media Virtual Reality Dalam Peningkatan Kesiapsiagaan Bencana." *Indonesian Journal Of Adult And Community Education* 2, No. 1 (N.D.): 38–42.
- Permana, Rully Indra, Nurbeti Nurbeti, And Sanidjar Pebrihariati. "Tugas Dan Tanggung Jawab Badan Penanggulangan Bencana Berdasarkan Peraturan Daerah Nomor 3 Tahun 2010 Tentang Penanggulangan Bencana Di Kabupaten Pesisir Selatan." *Abstract Of Undergraduate Research, Faculty Of Law, Bung Hatta University* 3, No. 1 (2013).
- Prabowo, Roberto Masami, And Sheddy Nagara Tjandra. "Fenomena Muenshakai Sebagai Akibat Pola Hidup Individualisme Serta Dampaknya Terhadap Keadaan Sosial Dan Ekonomi Di Jepang." *Lingua Cultura* 8, No. 2 (2014): 116–22.
- Prathivi, Rastri. "Optimasi Algoritme Naive Bayes Untuk Klasifikasi Data Gempa Bumi Di Indonesia Berdasarkan Hiposentrum." *Telematika* 13, No. 1 (2020): 36–43.
- Purwono, Nugroho. "Pemodelan Spasial Untuk Identifikasi Banjir Genangan Di Wilayah Kota Surakarta Dengan Pendekatan Metode Rasional (Rational Runoff Method)." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013.
- Qodar, Muhammad, Eka Djunarsjah, Johar Setiyadi, And Dwi Jantarto. "Tinjauan Model Kadaster Kelautan Dalam Perspektif Pertahanan Dan Keamanan Laut (Studi Kasus Selat Madura)." *Jurnal Chart Datum* 4, No. 1 (2018): 1–13.
- Rahmat, Basuki, Endra Joeliyanto, Fitri Afiadi, Angga Dwi Lucas Fandenza, Raka Adjie Kurniawan, Eva Yulia Puspaningrum, Budi Nugroho, And Dhian Satria Yudha Kartika. "Comparison Of B-Value Predictions As Earthquake Precursors Using Extreme Learning Machine And Deep Learning," N.D.



- Rati, Musfika, Esther Nababan, And Sutarman Sutarman. "Model Regresi Spasial Untuk Anak Tidak Bersekolah Usia Kurang 15 Tahun Di Kota Medan." *Saintia Matematika* 1, No. 1 (2013): 87–99.
- Rinaldi, Achi. "Pengembangan Model Spatio-Temporal Conditional Autoregressive Untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrem Di Wilayah Jawa Barat.[Disertasi]." *Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor*, 2018.
- Rinaldi, Achi, Yuni Susianto, Budi Santoso, And Wahyu Kusumaningtyas. "Spatial Modeling For Poverty: The Comparison Of Spatial Error Model And Geographic Weighted Regression." *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika* 12, No. 1 (2021): 237–51.
- Rohadi, Supriyanto. "Studi Seismotektonik Sebagai Indikator Potensi Gempabumi Di Wilayah Indonesia." *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika* 10, No. 2 (2015).
- Rohmah, Siti, And Achi Rinaldi. "Analisis Kemampuan Komunikasi Matematis: Dampak Kecerdasan Emosional Pada Materi Operasi Hitung Aljabar." In *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 2:199–210, 2019.
- Rovai, Alfred P, Jason D Baker, And Michael K Ponton. *Social Science Research Design And Statistics: A Practitioner's Guide To Research Methods And Ibm Spss*. Watertree Press Llc, 2013.
- Saharuddin, Saharuddin. "Islam Dan Ramah Lingkungan (Studi Atas Teologi Lingkungan Hidup)." Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2014.
- Salim, Alfi. "Estimasi Kecepatan Kendaraan Melalui Video Pengawas Lalu Lintas Menggunakan Parallel Line Model." Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah ..., N.D.
- Saputra, Julio Fajar, Mia Rosmiati, And Marlindia Ike Sari. "Pembangunan Prototype Sistem Monitoring Getaran Gempa Menggunakan Sensor Module Sw-420." *Eproceedings Of Applied Science* 4, No. 3 (2018).
- Sari, Nelfa, And Hazmira Yoza. "Pendugaan Parame Ter Model

Autoregressive Pada Deret Waktu.” *Jurnal Matematika Unand* 3, No. 4 (2014): 28–37.

Schabenberger, Oliver, And Carol A Gotway. *Statistical Methods For Spatial Data Analysis*. Crc Press, 2017.

Shao, Guangfu, Xiangyu Li, Chen Ji, And Takahiro Maeda. “Focal Mechanism And Slip History Of The 2011 M W 9.1 Off The Pacific Coast Of Tohoku Earthquake, Constrained With Teleseismic Body And Surface Waves.” *Earth, Planets And Space* 63, No. 7 (2011): 559–64.

Sidjabat, Filson Maratur, And Driejana. “Raya ( Studi Kasus Di Wilayah Karees Dan Cibeunying Kidul , Bandung ) Spatial Modelling Of Traffic-Origin Air Pollutant Dispersion Into Indoor Air Quality In Nearby Houses ( Case Study In Karees And Cibeunying Kidul Area , Bandung )” 23, No. 2 (2017): 11–22.

Siregar, Fernando, Chandra Tanaka, And Andrew Marthin. “Konsep Komunitas Arsitektur Perumahan Real Estate: Kaitannya Dengan Konsep Neighborhood Dan Modal Sosial.” *Jurnal Arsitektur* 11, No. 1 (2021): 41–52.

Subagia, I Wayan. “Pelatihan Mitigasi Bencana Alam Gempa Bumi Pada Siswa Sekolah Dasar Negeri 1 Pengastulan Kecamatan Seririt Kabupaten Buleleng Bali.” *Jpi (Jurnal Pendidikan Indonesia)* 4, No. 1 (2015).

Tampil, Yumira, Hanny Komaliq, And Yohanes Langi. “Analisis Regresi Logistik Untuk Menentukan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Prestasi Kumulatif (Ipk) Mahasiswa Fmipa Universitas Sam Ratulangi Manado.” *D’cartesian* 6, No. 2 (2017): 56–62.

Wahyuningsih, Tri, And Maya Adella Safitri. “Malam Sebagai Waktu Panjang Dalam Pespektif Al-Qur’an.” *Prosiding Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam Dan Sains* 2 (2020): 215–17.

Wijaya, Muhammad Sufwandika, And Bowo Susilo. “Integrasi Model Spasial Cellular Automata Dan Regresi Logistik Biner Untuk Pemodelan Dinamika Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus Kota Salatiga).” *Jurnal Bumi Indonesia* 2, No. 1 (2013).

Yudiatmaja, Fridayana. *Analisis Regresi Dengan Menggunakan Aplikasi Komputer Statistik*. Gramedia Pustaka Utama, 2013.

Yuliara, I Made. "Regresi Linier Sederhana." *Regresi Linier Sederhana* 13 (2016).

Yusuf, Yusfita, Hardi Suyitno, Y L Sukestiyarno, And M Si Isnarto. *Pengantar Dasar Statistika Berbasis Masalah*. Jakad Media Publishing, N.D.

