

**ANALISIS DERET WAKTU UNTUK PREDIKSI
GEMPA BUMI DI PROVINSI LAMPUNG
MENGUNAKAN METODE *AUTOREGRESSIVE
INTEGRATED MOVING AVERAGE* (ARIMA)**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) dalam Ilmu
Tarbiyah dan Keguruan

Oleh :

**KENNY CANDRA PRADANA
NPM. 1711050175**

Program Studi: Pendidikan Matematika

Pembimbing 1 : Dr. Achi Rinaldi, M.Si.

Pembimbing II : Muhamad Syazali, M. Si

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1442 H / 2021 M**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model deret waktu dengan Metode ARIMA dan memprediksi frekuensi kejadian gempa bumi di Provinsi Lampung untuk tahun 2021-2026 mendatang. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan data sekunder. data diperoleh dari katalog *website USGS (United States Geological Survey)* yaitu data tahunan frekuensi gempa bumi di Provinsi Lampung dari tahun 1972 sampai dengan 2020. Data yang digunakan dibatasi hanya pada kekuatan magnitudo sebesar $\geq 4,0$ serta kedalamannya $\leq 300 \text{ km}$. Dalam penelitian ini, peramalan untuk 6 periode mendatang menggunakan model ARIMA adalah peramalan yang berdasarkan dari sintesis data gempa terdahulu menggunakan aplikasi R. Sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah model ARIMA(1,1,0) adalah model yang paling tepat untuk digunakan pada data ini dan hasil peramalan jumlah gempa cenderung naik turun setiap tahunnya.

Kata Kunci : Analisis Deret Waktu, Peramalan, Gempa Bumi, Metode ARIMA



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kenny Candra Pradana
NPM : 1711050175
Jurusan : Pendidikan Matematika
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Analisis Deret Waktu untuk Prediksi Gempa Bumi di Provinsi Lampung Menggunakan Metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*)”** adalah benar-benar merupakan hasil karya penulis sendiri, bukan duplikasi ataupun saduran dari karya orang lain kecuali pada 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 penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi.

Bandar Lampung, 17 Juni 2021

Penulis



Kenny Candra Pradana

NPM: 1711050175



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN

Alamat : Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. 0721-780887

PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **ANALISIS DERET WAKTU UNTUK
PREDIKSI GEMPA BUMI DI PROVINSI
LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE
AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING
AVERAGE (ARIMA)**

Nama : **Kenny Candra Pradana**
NPM : **1711050175**
Jurusan : **Pendidikan Matematika**
Fakultas : **Tarbiyah dan Keguruan**


MENYETUJUI

Untuk dimunaqasyahkan dan dipertahankan dalam sidang
Munaqasyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan
Lampung

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Achi Rinaldi, M.Si
NIP. 19820204 200604 1 001


M. Svaizali, M.Si
NIP. -

Mengetahui

Ketua Jurusan Pendidikan Matematika


Dr. Nanang Supriadi, M.Sc
NIP. 19791128 200501 1 005



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

Alamat : Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. 0721-780887

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: **ANALISIS DERET WAKTU UNTUK PREDIKSI GEMPA BUMI DI PROVINSI LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA)** disusun oleh: **KENNY CANDRA PRADANA NPM. 1711050175**, Jurusan Pendidikan Matematika telah diujikan dalam Sidang Munaqasyah pada hari/tanggal: Kamis, 6 Mei 2021.

TIM SEMINAR

- Ketua** : Dr. Hj. Eti Hadiati, M.Pd (.....)
- Sekretaris** : Fraulein Intan Suri, M.Si (.....)
- Pembahas Utama** : Dr. Nanang Supriadi, M.Sc (.....)
- Pembahas I** : Dr. Achi Rinaldi, M.Si (.....)
- Pembahas II** : Muhamad Syazali, M.Si (.....)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd
NIP. 19640828 198803 2 002

MOTTO

﴿٤٣﴾ وَتِلْكَ الْأَمْثَلُ نَضْرِبُهَا لِلنَّاسِ وَمَا يَعْقِلُهَا إِلَّا الْعَالِمُونَ ﴿٤٣﴾

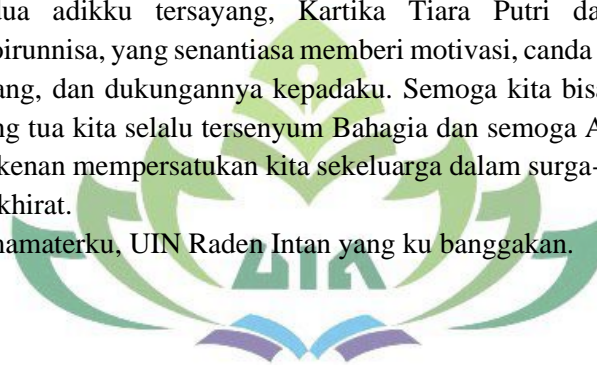
“(Dan perumpamaan-perumpamaan ini) yang ada dalam Al-Qur’an (Kami buatkan) Kami jadikan (untuk manusia; dan tiada yang memahaminya) yang mengerti akan perumpamaan-perumpamaan ini (kecuali orang-orang yang berilmu) yakni, orang-orang yang berpikir.” (Q.S. Al-Ankabut: 43)



PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa syukur saya ucapkan *Alhamdulillah* kepada Allah SWT, karena berkat-Nya saya mampu menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Karya kecil ini ku persembahkan kepada:

1. Kedua orang tuaku tercinta, Ayahanda Khoirulloh dan Ibunda Eni Herlina, yang telah bersusah payah dan tak kenal lelah dalam membesarkan, mendidik, dan membiayaiku selama menuntut ilmu serta selalu memberiku doa, semangat, dorongan, nasehat, cinta dan kasih sayang yang tulus untuk keberhasilanku. Mereka lah yang selalu percaya dengan keinginanku dan selalu memberi motivasi di saat saya terpuruk.
2. Kedua adikku tersayang, Kartika Tiara Putri dan Assyifa Khoirunnisa, yang senantiasa memberi motivasi, canda tawa, kasih sayang, dan dukungannya kepadaku. Semoga kita bisa membuat orang tua kita selalu tersenyum Bahagia dan semoga Allah SWT. Berkenan mempersatukan kita sekeluarga dalam surga-Nya, kelak di akhirat.
3. Almamaterku, UIN Raden Intan yang ku banggakan.



RIWAYAT HIDUP

Kenny Candra Pradana dilahirkan pada tanggal 22 September 1999 di Kalianda, anak pertama dari tiga bersaudara dari Ayahanda Khoirulloh dan Ibunda Eni Herlina.

Penulis mengawali Pendidikan formal di Taman Kanak-kanak di Aisyiyah Bustanul Athfal Kecamatan Kalianda dan diselesaikan pada tahun 2005. Kemudian melanjutkan ke jenjang Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Kecapi dan selesai pada tahun 2011. Setelah itu, Penulis melanjutkan Pendidikan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Kalianda, yang dimulai tahun 2011 dan diselesaikan pada tahun 2014. Kemudian, penulis juga melanjutkan Pendidikan ke jenjang selanjutnya, yaitu ke Sekolah Menengah Atas (SMA) masih di kota Kalianda yaitu SMA Negeri 1 Kalianda yang dimulai tahun 2014 sampai pada tahun 2017.

Pada Tahun yang sama, penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung. Pada Tahun 2020, Penulis melaksanakan Program Kuliah Kerja Nyata Dari Rumah (KKN-DR) di Desa Pematang, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan. Pada tahun yang sama pula, penulis melaksanakan program Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) di MTs Negeri 1 Bandar Lampung.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohiim,

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Analisis Deret Waktu Untuk Prediksi Gempa Bumi di Provinsi Lampung Menggunakan Metode *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*” guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) Pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Jurusan Pendidikan Matematika UIN Raden Intan Lampung. Dalam Penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dan saran yang sangat berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Hj. Nirva Diana, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.
2. Bapak Dr. Nanang Supriadi, M. Sc. Selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika UIN Raden Intan Lampung.
3. Bapak Fredi Ganda Putra, M.Pd. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama ini.
4. Bapak Dr. Achi Rinaldi, M.Si. selaku Pembimbing I dan Bapak Muhamad Syazali, M. Si selaku pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dan dengan sabar memberikan bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen di lingkungan Fakultas tarbiyah an Keguruan (khususnya Jurusan Pendidikan Matematika) yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan motivasi kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.
6. Sahabat-sahabatku, Aldi Rizki Putra, Lucky Stiardi Rionanda, Okis Fatimah, dan Yasinta Rahmawati. Terima kasih atas motivasi, rasa kekeluargaan, dan canda tawa yang kalian berikan selama ini, semoga kesuksesan menyertai kita semua.
7. Teman-teman jurusan Pendidikan Matematika Angkatan 2017 khususnya kelas A, Kelompok KKN-DR 328 dan Kelompok PPL 65 yang senantiasa mengingatkan dalam kebaikan, setia menemani, dan menyemangati dalam setiap proses yang dijalani selama ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhirnya dengan iringan terima kasih, penulis memanjatkan do'a kehadiran Allah SWT., semoga segala bantuan dan jerih payah yang telah diberikan dengan penuh keikhlasan tersebut akan mendapatkan balasan yang sebaik-baiknya dari Allah SWT. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi peneliti khususnya, dan para pembaca pada umumnya yang haus pengetahuan.

Aamiin ya Rabbal'alaamiin

Bandar Lampung, 17 Juni 2021

Penulis

Kenny Candra Pradana

NPM: 1711050175



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
PERSETUJUAN	iv
PENGESAHAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I : PENDAHULUAN	
A. Penegasan Judul.....	1
B. Latar Belakang Masalah.....	3
C. Identifikasi Masalah.....	14
D. Rumusan Masalah.....	14
E. Tujuan Penelitian.....	15
F. Batasan Masalah.....	15
G. Manfaat Penelitian.....	16
H. Sistematika Pembahasan.....	16
BAB II : LANDASAN TEORI	
A. Gempa Bumi.....	19
1. Definisi Gempa.....	19
2. Jalur Utama Gempa Bumi.....	20

3.	Teori Lempeng Tektonik.....	22
4.	Gelombang Seismik	26
5.	Parameter Gempa Bumi	31
6.	Klasifikasi Gempa Bumi	37
B.	Sesar atau Patahan (Fault).....	38
C.	Kondisi Seismotektonik Provinsi Lampung.....	40
D.	Peramalan.....	42
1.	Metode Kualitatif	43
2.	Metode Kuantitatif	44
E.	Analisis Deret Waktu (<i>Time-Series</i>)	44
F.	Stasioneritas	46
1.	Stasioner dalam Varians.....	46
2.	Stasioner Dalam Mean	47
G.	Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF).....	47
H.	Transformasi Box-Cox.....	49
I.	<i>Differencing</i>	49
1.	<i>Differencing</i> biasa.....	49
2.	<i>Seasonal Differencing</i>	50
J.	<i>Proses White Noise</i>	51
K.	Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)	52
1.	Model <i>Autoregressive</i> (AR)	53
2.	Model <i>Moving Average</i> (MA).....	55
3.	Model <i>Autoregressive Moving Average</i> (ARMA).....	57
4.	Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA).....	58
 BAB III : METODOLOGI PENELITIAN_s		
A.	Waktu Penelitian	61

B. Metode Penelitian	61
C. Diagram Alir Metode Penelitian	64
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Uji Stasioneritas Data.....	69
B. Identifikasi Model.....	73
C. Parameter Estimasi.....	74
D. Tes Diagnostik	79
E. Peramalan.....	85
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	89
B. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN.....	98



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Intensitas Gempa Bumi BMKG.....	33
Tabel 2.2 Kesebandingan antara Skala Mercalli dan Richter	36
Tabel 4.1 Jumlah Gempa Bumi di Provinsi Lampung tahun 1960 s/d 2019.....	67
Tabel 4.2 Hasil Estimasi Parameter dari Model ARIMA	78
Tabel 4.3 Hasil Tes Diagnostik.....	84
Tabel 4.4 Hasil Peramalan tahun 2014-2019.....	85
Tabel 4.5 Perhitungan Residual (<i>error</i>).....	86
Tabel 4.6 Hasil Peramalan 6 Periode ke depan (2020-2025).....	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rekonstruksi Lempeng Tektonik di Indonesia	7
Gambar 1.2 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun.....	8
Gambar 1.3 Segmen Sesar Sumatera.....	9
Gambar 2.1 Peta Lempeng Tektonik Dunia	23
Gambar 2.2 Pegunungan Everest.....	24
Gambar 2.3 Pegunungan Andes.....	24
Gambar 2.4 Sesar Mendatar Dextral dan Sinistral.....	26
Gambar 2.5 Gelombang P dan S.....	29
Gambar 2.6 Gelombang <i>Love</i> dan <i>Rayleigh</i>	31
Gambar 2.7 Sesar Mendatar.....	39
Gambar 2.8 <i>Dip Slip Fault</i>	40
Gambar 2.9 Peta Zona Kerentanan Pergerakan Tanah	41
Gambar 2.10 ACF dan PACF dari sebuah proses White Noise.....	51
Gambar 3.1 Flowchart Pemodelan ARIMA	65
Gambar 4.1 Cakupan Daerah Penelitian.....	67
Gambar 4.2 <i>Time Series plot</i> data asli Jumlah Gempa Tahun 1960- 2013.....	69
Gambar 4.3 ACF dan PACF Plot data asli jumlah gempa bumi tahun 1960-2013	70
Gambar 4.4 Hasil Uji <i>Augmented Dicky Fuller</i> untuk jumlah gempa bumi tahun 1960-2013	71
Gambar 4.5 <i>Plot time series</i> setelah proses <i>Differencing Orde</i> Pertama.....	72
Gambar 4.6 Uji ADF setelah <i>Differencing Orde</i> Pertama	73
Gambar 4.7 ACF dan PACF plot output proses <i>Differencing</i> pertama	74

Gambar 4.8 Estimasi Parameter untuk Model ARIMA (1,1,2)	75
Gambar 4.9 Estimasi Parameter untuk Model ARIMA (0,1,1)	76
Gambar 4.10 Estimasi Parameter untuk Model ARIMA (0,1,2)	76
Gambar 4.11 Estimasi Parameter untuk Model ARIMA (1,1,1)	77
Gambar 4.12 Estimasi Parameter untuk Model ARIMA (1,1,0)	78
Gambar 4.13 Plot Diagnostik residual untuk ARIMA(0,1,1)	80
Gambar 4.14 Plot Diagnostik residual untuk ARIMA(0,1,2)	81
Gambar 4.15 Plot Diagnostik residual untuk ARIMA(1,1,1)	82
Gambar 4.16 Plot Diagnostik residual untuk ARIMA(1,1,0)	83
Gambar 4.17 Fungsi <i>auto.arima</i> untuk penentuan model terbaik....	84
Gambar 4.18 Perbandingan data asli dengan hasil peramalan.....	87



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1* : Katalog Gempa Bumi dari USGS
Lampiran 2 : Data Jumlah Gempa Bumi Provinsi Lampung 1960-2020
Lampiran 3 : Hasil Perhitungan
Lampiran 4 : Lembar Pengesahan Proposal
Lampiran 5 : Lembar Konsultasi
Lampiran 6 : Surat Permohonan Kesiediaan Membimbing Skripsi
Lampiran 7 : Form Pernyataan Kesiediaan Membimbing Skripsi



BAB I

PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul

Pada bagian ini peneliti akan menjabarkan maksud dari judul skripsi ini agar tidak menimbulkan mis-interpretasi bagi pembaca dalam memahami judul tersebut. Skripsi ini berjudul “Analisis Deret Waktu untuk Prediksi Gempa Bumi di Provinsi Lampung Menggunakan Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)”. Adapun uraian dari istilah-istilah yang perlu dijelaskan yaitu sebagai berikut :

Analisis adalah sikap atau perhatian terhadap sesuatu (benda, fakta, fenomena) sampai mampu menguraikannya menjadi bagian-bagian, serta mengenal kaitan antarbagian tersebut dalam keseluruhan¹. Analisis merupakan salah satu proses yang dilakukan dalam sebuah penelitian apabila semua hal yang diperlukan dalam memecahkan permasalahan yang dikaji tersebut telah diperoleh semuanya. Analisis yang dimaksud disini adalah bagaimana proses dan kajian dalam menganalisis deret waktu melalui data-data terdahulu yang sudah diperoleh.

Deret Waktu (*Time series*) adalah serangkaian nilai pengamatan (observasi) yang diambil selama kurun waktu tertentu², nilai dari waktu ke waktu tersebut dikumpulkan sehingga memberikan gambaran mengenai sebuah fenomena. Analisis deret waktu adalah analisis yang mempertimbangkan pengaruh waktu secara berurutan³. Analisis ini memungkinkan kita untuk mengetahui perkembangan suatu fenomena serta korelasinya dengan fenomena lain. Analisis deret waktu pada dasarnya digunakan untuk melakukan analisis data yang

¹ Daldiyono, *How to Be a Real and Successful Student* (Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2009). 110

² Murray R. Spiegel and Larry J. Stephens, *Schaum's Outlines Teori Dan Soal-Soal Statistik* (Jakarta: Erlangga, 2007).

³ Dadang Ruhiat and Cecep Suwanda, “Peramalan Data Deret Waktu Berpola Musiman Menggunakan Metode Regresi Spektral (Studi Kasus : Debit Sungai Citarum-Nanjung),” *TEOREMA: Teori Dan Riset Matematika* 4, no. 1 (2019): 1–12, <https://doi.org/10.25157/teorema.v4i1.1887>.

mempertimbangkan pengaruh waktu⁴. Sehingga, analisis ini digunakan untuk membantu dalam melihat gambaran pada masa yang akan datang serta dalam menyusun perencanaan untuk ke depannya.

Peramalan atau disebut juga perkiraan, merupakan peramalan untuk suatu fenomena yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan menggunakan data-data masa lalu. peramalan bertujuan agar meminimalkan kesalahan dan agar hasil peramalan mendekati kondisi aktual⁵. Singkatnya, Prediksi adalah memperkirakan sesuatu hal yang belum terjadi. Peramalan dilakukan berdasarkan data yang terdapat selama masa lampau yang dianalisis dengan menggunakan cara-cara tertentu⁶. Peramalan yang dimaksud disini adalah meramalkan hal-hal yang berkaitan dengan Gempa Bumi di Provinsi Lampung.

Gempa Bumi (*earthquake*) adalah peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi karena pergerakan/pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik⁷. Gempa Bumi diklasifikasikan menjadi 3 jenis berdasarkan sumber penyebab terjadinya gempa, yaitu gempa bumi vulkanik, gempa bumi tektonik, dan gempa bumi runtuh.

Peramalan gempa bumi adalah suatu usaha memprediksi hal-hal yang berkaitan dengan fenomena gempa bumi untuk masa mendatang dilihat dari data-data masa lalu. Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) adalah salah satu metode yang digunakan dalam memprediksi data deret waktu (*Time Series*). Metode ini juga disebut dengan Metode *Box-Jenkin*,

⁴ Annisa UI Ukhra, "Pemodelan Dan Peramalan Data Deret Waktu Dengan Metode Seasonal ARIMA," *Jurnal Matematika UNAND* 3, no. 3 (2014): 59–67, <https://doi.org/10.25077/jmu.3.3.59-67.2014>.

⁵ Ni Luh Ayu Kartika Yuniastari and IGP Wirarama Wedashwara Wirawan, "Peramalan Permintaan Produk Perak Menggunakan Metode Simple Moving Average Dan Single Exponential Smoothing," *Sistem Dan Informatika STIKOM Bali* 9, no. 1 (2016): 97–106.

⁶ Agustinawati Purba, "Perancangan Aplikasi Peramalan Jumlah Calon Mahasiswa Baru Yang Mendaftar Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing (Studi Kasus: Fakultas Agama Islam UISU)," *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)* 2, no. 6 (2015): 8–12.

⁷ Sunarjo, M. Taufik Gunawan, and Sugeng Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*, II (Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012).

merupakan metode yang menggunakan data di masa lalu sebagai variabel dependen, sedangkan variabel independen diabaikan. Metode ini digunakan untuk memprediksi suatu kejadian dalam jangka pendek serta tidak membutuhkan pola data yang stasioner dalam penerapannya.

Berdasarkan uraian dari istilah-istilah di atas, maka dapat disimpulkan yang dimaksud oleh penulis dalam judul skripsi ini yaitu “Analisis Deret Waktu untuk Prediksi Gempa Bumi di Provinsi Lampung Menggunakan Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)” secara keseluruhan adalah untuk menganalisis data gempa bumi yang terjadi di Provinsi Lampung secara deret waktu menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA).

B. Latar Belakang Masalah

Bencana merupakan suatu proses alam atau bukan alam yang menyebabkan korban jiwa, harta dan mengganggu tatanan kehidupan⁸. Bencana merupakan suatu peristiwa yang merugikan bahkan membahayakan kehidupan makhluk hidup di bumi termasuk manusia. Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bencana dikategorikan menjadi 3 jenis, yaitu bencana alam, bencana non alam, dan bencana social. Dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir dari Tahun 2009-2018, dampak terjadinya bencana sangat bervariasi, mulai dari kerusakan, kerugian, hingga menimbulkan korban jiwa⁹.

Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir,

⁸ Putra Agina Widyaswara Suwaryo and Podo Yuwono, “Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Pengetahuan Masyarakat Dalam Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor,” *Urecol 6th*, 2017, 305–14.

⁹ Muhammad Rizal Pahleviannur, “Edukasi Sadar Bencana Melalui Sosialisasi Kebencanaan Sebagai Upaya Peningkatan Pengetahuan Siswa Terhadap Mitigasi Bencana,” *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial* 29, no. 1 (2019): 49–55, <https://doi.org/10.23917/jpis.v29i1.8203>.

kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana alam adalah suatu peristiwa alam yang mengakibatkan dampak besar bagi populasi manusia¹⁰. Bencana non alam merupakan peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh faktor non alam, misalnya wabah penyakit, *epidemic*, dan disfungsi teknologi. Sedangkan bencana social adalah peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia, contohnya konflik social dan terror. Semua bencana ini dapat mengakibatkan kerusakan bahkan bisa menimbulkan korban jiwa yang jumlahnya tidak sedikit. Banyak yang percaya bahwa bencana yang terjadi adalah teguran dari Tuhan Yang Maha Esa. Seperti yang ditegaskan pada Q.S. Al-Isra' ayat 16 :

وَإِذَا أَرَدْنَا أَنْ نُهْلِكَ قَرْيَةً أَمَرْنَا مُتْرَفِيهَا فَفَسَقُوا فِيهَا فَحَقَّ عَلَيْهَا الْقَوْلُ
فَدَمَّرْنَا تَدْمِيرًا ﴿١٦﴾

Artinya: “Dan jika Kami hendak membinasakan suatu negeri, maka Kami perintahkan kepada orang-orang yang hidup mewah di negeri itu (supaya mentaati Allah) tetapi mereka melakukan kedurhakaan dalam negeri itu, maka sudah sepantasnya berlaku terhadapnya perkataan (ketentuan Kami), kemudian Kami hancurkan negeri itu sehancur-hancurnya” (Q.S.Al-Isra' : 16)

Berdasarkan Q.S. Al-Israa ayat 16, Allah SWT menjelaskan tentang adanya hubungan sebab-akibat antara perbuatan manusia dengan hasil yang diperolehnya. Pada dasarnya setiap kebahagiaan yang datang pada seorang hamba adalah bersumber dari Allah SWT dan setiap kesialan yang menimpa seorang hamba adalah

¹⁰ Mhd Gading Sadewo, Agus Perdana Windarto, and Anjar Wanto, “Penerapan Algoritma Clustering Dalam Mengelompokkan Banyaknya Desa/Kelurahan Menurut Upaya Antisipasi/ Mitigasi Bencana Alam Menurut Provinsi Dengan K-Means,” *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)* 2, no. 1 (2018): 311–19, <https://doi.org/10.30865/komik.v2i1.943>.

karena ulah dari mereka sendiri sebagaimana disebutkan dalam firman Allah SWT dalam Q.S. An-Nisaa ayat 79 :

مَا أَصَابَكَ مِنْ حَسَنَةٍ فَمِنَ اللَّهِ وَمَا أَصَابَكَ مِنْ سَيِّئَةٍ فَمِنَ نَفْسِكَ
وَأَرْسَلْنَاكَ لِلنَّاسِ رَسُولًا وَكَفَى بِاللَّهِ شَهِيدًا ﴿٧٩﴾

Artinya: “*Apa saja nikmat yang kamu peroleh adalah dari Allah, dan apa saja bencana yang menimpamu, maka dari (kesalahan) dirimu sendiri. Kami mengutusmu menjadi Rasul kepada segenap manusia. Dan cukuplah Allah menjadi saksi*” (Q.S. An-Nisaa : 79)

Bencana alam bahkan berpengaruh besar terhadap kondisi demografi di beberapa lokasi bencana¹¹ dan sudah pasti menyisakan duka yang mendalam bagi para korban yang terdampak. Maka daripada itu, tidak ada satupun masyarakat yang menginginkan terjadinya suatu bencana di lingkungan tempat tinggalnya. Namun demikian, kesiapsiagaan masyarakat masih dinilai minim, padahal istilah “*sedia payung sebelum hujan*” sangatlah penting untuk direalisasikan terutama dalam hal menghadapi bencana yang akan terjadi entah kapan.

Berlokasi pada cincin api pasifik (*ring of fire*), Indonesia berada pada wilayah yang banyak menghadapi resiko aktivitas tektonik. Aktivitas tektonik ini adalah aktivitas yang disebabkan oleh faktor alam. Salah satu aktivitas tektonik yang sering terjadi di Indonesia adalah gempa bumi. Gempa bumi adalah getaran asli dari dalam bumi, bersumber di dalam bumi yang kemudian merambat ke permukaan bumi akibat rekahan bumi pecah dan bergeser dengan keras¹². Efek getaran inilah yang disebut dengan

¹¹ Deny Hidayati, “Kesiapsiagaan Masyarakat: Paradigma Baru Pengelolaan Bencana Alam (*Community Preparedness: New Paradigm in Natural Disaster Management*),” *Jurnal Kependudukan Indonesia* 3, no. 1 (2008): 69–84, <https://doi.org/10.14203/JKI.V3I1.164>.

¹² Arief Mustofa Nur, “Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya,” *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian* 7, no. 1 (2010), <https://doi.org/10.15294/jg.v7i1.92>.

gelombang seismik. Selain akibat dari pergeseran ini, gempa bumi juga disebabkan oleh proses vulkanik. Dampak adanya gempa bumi tergantung dari besarnya gempa, kondisi tanah atau batuan, struktur geologi, serta kondisi infrastruktur yang ada¹³.

Pada dasarnya kejadian-kejadian alam termasuk terjadinya bencana gempa bumi ini sudah jelas diterangkan dalam Al-Qur'an jauh sebelum abad modern dan banyak yang sudah terbukti secara ilmiah. Sebagaimana termuat dalam Q.S. Al-Fajr : 21

كَلَّا إِذَا دُكَّتِ الْأَرْضُ دَكًّا دَكًّا ﴿٢١﴾

Artinya: “*Jangan (berbuat demikian). Apabila bumi digoncangkan berturut-turut*” (Q.S. Al-Fajr : 21)

Salah satu penyebab terjadinya gempa bumi adalah dinamika bumi atau biasa disebut dengan gempa tektonik. Dinamika bumi ini disebabkan dua lempeng yang saling bertabrakan yang letaknya berada jauh di dalam permukaan bumi. Dalam Al-Qur'an juga telah ditegaskan oleh Allah SWT tentang gempa bumi sebagaimana firman-Nya dalam Q.S. Al-Waqiah ayat 4-6 :

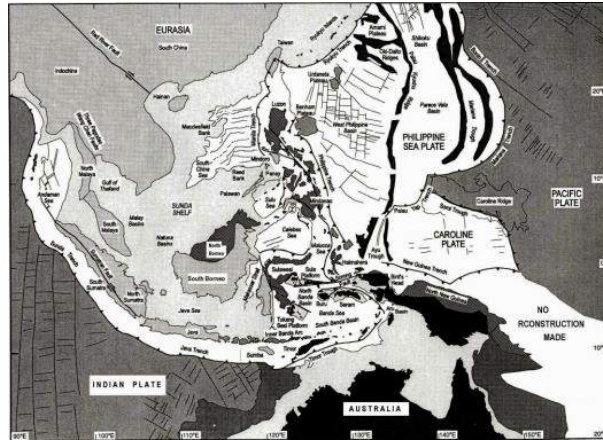
إِذَا رُجَّتِ الْأَرْضُ رَجًّا ﴿٤﴾ وَبَسَّتِ الْجِبَالُ بَسًّا ﴿٥﴾ فَكَانَتْ هَبَاءً مُنْبَثًّا ﴿٦﴾

Artinya: “*apabila bumi digoncangkan sedahsyat-dahsyatnya. dan gunung-gunung dihancurkan luluhkan seluruh-luluhnya. maka jadilah ia debu yang beterbangan*” (Q.S. Al-Waqiah : 4 - 6)

Ditinjau dari ilmu Geofisika, Kepulauan Indonesia merupakan tatanan tektonik yang rumit. Gugusan ini terletak pada batas pertemuan tiga lempeng besar dunia yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia¹⁴. Seperti terlihat di gambar 1.

¹³ Ashar Muda Lubis and Arif Ismul Hadi, “Analisis Kecepatan Gelombang Seismik Bawah Permukaan Di Daerah Yang Terkena Dampak Gempa Bumi 4 Juni 2000 (Studi Kasus : Kampus Universitas Bengkulu),” *Jurnal Gradien* 1, no. 2 (2005).

¹⁴ Guntur Pasau and Adey Tanauma, “Pemodelan Sumber Gempa Di Wilayah Sulawesi Utara Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi,” *Jurnal Ilmiah Sains* 11, no. 2 (2011), <https://doi.org/https://doi.org/10.35799/jis.11.2.2011.208>.

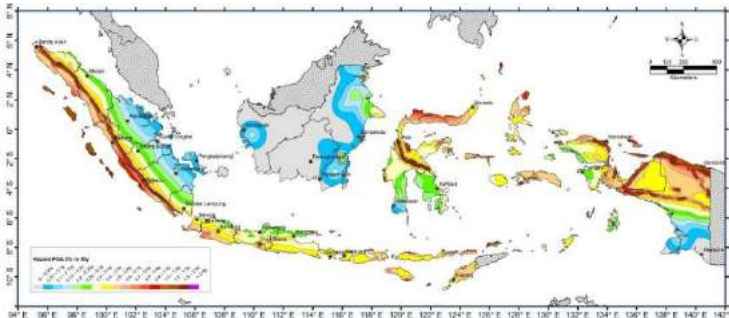


Gambar 1.1
Rekonstruksi lempeng tektonik di Indonesia
(Hall, 1995)

Pada **Gambar 1.1** dapat dilihat betapa rumit dan kompleksnya tatanan tektonik kepulauan Indonesia yang mana terdapat beberapa penunjaman pada pertemuan antar-lempeng, antara lain lempeng Indo-Australia (di bagian timur), Lempeng Eurasia dan Lempeng pasifik (di bagian barat) dan hadirnya lempeng yang lebih kecil yaitu Lempeng Caroline dan Lempeng Laut Filipina.

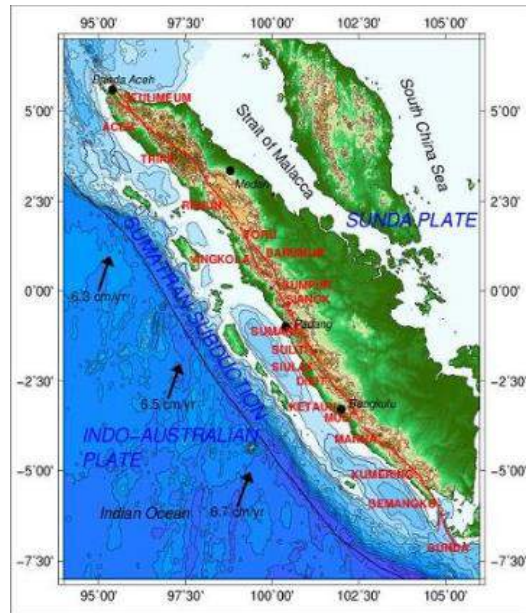
Wilayah Indonesia dapat dikategorikan menjadi wilayah yang memiliki aktivitas kegempaan yang sibuk karena terletak pada lempeng-lempeng yang sangat aktif. Selain diakibatkan dari pergerakan lempeng tektonik, Wilayah Indonesia juga terdapat sesar aktif yang menjadi pemicu gempa yang letaknya di darat. Pada tahun 2010 hanya terdapat 81 sesar aktif, tetapi pada peta gempa 2017 terdapat sebanyak 295 sesar aktif¹⁵. Khusus di pulau Sumatera, pada tahun 2010 hanya dibagi menjadi 19 segmen sesar, namun pada tahun 2017 terbagi menjadi 55 segmen sesar yang teridentifikasi. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.

¹⁵ Elvis Saputra et al., "Analisis Percepatan Tanah Permukaan Di Wilayah Riau Dengan Metode Psha," *Teknisia* 25, no. 1 (2020): 42–49, <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol25.iss1.art5>.



Gambar 1.2
Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) untuk
Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun (Pusat
Studi Gempa Nasional, 2017)

Provinsi Lampung merupakan salah satu wilayah di Sumatera bagian selatan dengan luas 35.376,50 km² yang daerahnya rawan terjadi gempa. Semuanya disebabkan Karena letak provinsi Lampung dekat dengan sumber gempa baik yang dari laut maupun dari darat. Sumber gempa bumi dari laut disebabkan aktivitas zona subduksi karena diapit dua lempeng besar yaitu lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia yang bertumbukan di lepas pantai barat Pulau Sumatera. 5-6 cm/tahun menjadi kecepatan rata-rata Pertemuan lempeng di wilayah Sumatera yang memiliki zona subduksi miring. Perhatikan gambar berikut.



Gambar 1.3
Segmen Sesar Sumatera (Sieh & Natawidjaja, 2000)

Perlu diketahui pula, sumber gempa yang ada di darat disebabkan oleh aktivitas sesar lokal karena wilayah Lampung berada pada zona patahan semangko (*Sumatra Transform Fault Zone*) yang membentang dari Utara ke selatan. Dapat dilihat dari gambar di atas yang menunjukkan segmen-segmen sesar yang ada di Pulau Sumatera, sesar dimulai dari Banda Aceh hingga Teluk Semangka sepanjang 1.900 km. Sesar yang terdapat di Provinsi Lampung antara lain Sesar Sunda, Sesar Semangko, Sesar Kumering dan Sesar Tarahan. Sehingga menjadikan Provinsi Lampung salah satu daerah rawan yang mempunyai tingkat kegempaan sangat tinggi di Indonesia dan sangat potensial untuk terjadinya bencana gempa bumi maupun Tsunami.

Letak geologis setiap daerah yang ada di Indonesia, hampir semuanya tak luput dari bahaya terjadinya bencana gempa bumi. Sedangkan gempa bumi merupakan fenomena alam yang sulit ditebak kapan dan dimana bencana tersebut akan terjadi. Tiada satu

manusia dan alat apa pun yang mampu menentukan kapan bencana tersebut akan datang dan terjadi secara pasti dan akurat. Kondisi ini mendorong timbulnya berbagai cara dalam upaya menyikapi permasalahan tersebut. Salahsatu upaya yang banyak dilakukan adalah mengembangkan berbagai model prakiraan (*forecasting*).

Gempa bumi yang terjadi dapat dianalisis dan diprediksi berdasarkan deret waktu. Deret waktu (*Time Series*) adalah himpunan observasi data terurut dalam satuan waktu tertentu. Setiap variabel yang terdiri dari data yang dikumpulkan, direkam, atau diamati selama penambahan waktu berturut-turut disebut deret waktu¹⁶. Pemodelan dari data deret waktu ini banyak dikaitkan dengan proses peramalan suatu karakteristik tertentu pada periode mendatang¹⁷ berdasarkan observasi-observasi yang telah ada. Metode deret waktu menggunakan analisa pola keterkaitan antara variabel yang akan diduga dengan variabel waktu.

Ada banyak metode analisis *Time Series* yang digunakan dalam proses peramalan, diantaranya naïve, dekomposisi, exponential smoothing, regresi dan ARIMA Box-Jenkins¹⁸. Salah satu metode yang banyak dikembangkan dan lazim digunakan dalam meramalkan suatu data deret waktu adalah metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Metode ARIMA merupakan metode yang sangat tepat dalam menangani kesukaran dalam deret waktu dan konteks peramalan lainnya dikarenakan metode ARIMA memanfaatkan data terdahulu dan data sekarang dalam menghasilkan prakiraan serta dapat berlakunya semua tipe atau pola data seperti pola horizontal, musiman, *trend* dan siklis. Metode ini diperkenalkan oleh George Box dan Gwylim Jenkins

¹⁶ John E. Hanke and Dean Wichern, *Business Forecasting: Pearson New International Edition*, Ninth Edit (Pearson Education Limited, 2014).

¹⁷ Gusti Ayu Made Arna Putri, Ni Putu Nanik Hendrayanti, and Maulida Nurhidayati, "Pemodelan Data Deret Waktu Dengan Autoregressive Integrated Moving Average Dan Logistic Smoothing Transition Autoregressive," *Jurnal Varian* 1, no. 1 (2017): 54–63.

¹⁸ Erie Sadewo, "Perbandingan Beberapa Metode Time Series Pada Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan MANCANEGERA: Studi Kasus Di Kabupaten Karimun, Provinsi Kepulauan Riau," no. December (2016), <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26922.62403>.

pada tahun 1976. Metode ini digunakan untuk peramalan jangka pendek dengan dugaan bahwa data dari deret waktu yang digunakan harus stasioner atau bersifat konstan dalam Mean dan Varians.

Adanya data peristiwa kegempaan yang terjadi di masa lalu, maka tempat-tempat yang beresiko dan berpotensi serta waktu terjadinya gempa dapat diprediksi. Secara teoritis gempa bumi memang dapat diprediksi, namun para peneliti mengalami kesulitan karena beberapa hal, di antaranya :

1. terbatasnya kondisi pengamatan terutama peralatannya,
2. tidak periodiknya aktivitas gempa bumi,
3. ketidaktentuannya proses gempa bumi, dan
4. luasnya daerah jangkauan¹⁹.

Mengetahui serta mengantisipasi bencana di masa yang akan datang diperlukan pemodelan bencana, dengan cara harus mengetahui spesifikasi dan sejarah peristiwa-peristiwa bencana di masa lampau, kapan kejadian terakhir serta berapa taksiran mengenai periode ulang peristiwanya termasuk di dalam pembahasannya. Informasi ini sangat penting bagi masyarakat dalam mengantisipasi terjadinya gempa bumi dan bagi pemerintah berguna sebagai bahan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan dan upaya preventif dalam meminimalisir dampak negatif dari gempa bumi serta penanggulangannya.

Penelitian tentang gempa bumi sudah banyak dilakukan sebelumnya, diantaranya: Penelitian yang dilakukan oleh Nya Daniaty Malau dan Mester Sitepu dengan judul penelitian “Peramalan Terjadinya Gempa Bumi Tektonik untuk Wilayah Pulau Nias Menggunakan Metode Distribusi Weibull dan Eksponensial” dengan hasil penelitian yaitu gempa bumi tektonik berikutnya yang akan terjadi di wilayah Pulau Nias akan terjadi pada tanggal 04 September 2013 menggunakan metode distribusi Weibull 3 parameter dan metode distribusi Eksponensial 1

¹⁹ Dito Muhammad Ikhsan, Agoes Soehardjono, and Achfas Zacoeb, “Pengaruh Letak Bukaan Pada Bangunan Rumah Dua Lantai Dalam Menahan Beban Gempa Di Kota Malang,” *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil 1*, no. 2 (2018).

parameter²⁰. Terdapat perbedaan pada penelitian ini dan penelitian peneliti yaitu pada lokasi objek penelitian serta metode yang digunakan dalam meramalkan gempa.

Penelitian oleh Jose Rizal, Sigit Nugroho, Adi Irwanto, dan Debora yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang gempa bumi yang terjadi di Sumatera mengenai fluktuasi dari banyaknya kejadian gempa tektonik beserta estimasi rata-rata amplitudo untuk tiga periode berikutnya dengan mengimplementasikan penggunaan model ARFIMA. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model matematika terbaik untuk banyaknya gempa tektonik yang terjadi setiap bulan yang terjadi di Pulau Sumatera adalah ARFIMA(4,0.350,3) dengan nilai RMSE yaitu 0,040²¹. Pada Periode pertama, ramalan yang didapatkan menunjukkan akan terjadi gempa tektonik sebanyak 21 kali dengan rata-rata magnitudonya sebesar 4,910 SR, Pada Periode kedua, hasil peramalan menunjukkan akan terjadinya gempa tektonik sebanyak 14 kali dengan rata-rata magnitudonya sebesar 4,936 SR, dan pada periode ketiga, akan terjadi gempa tektonik sebanyak 20 kali dengan rata-rata magnitudonya sebesar 4,960 SR. Terdapat persamaan pada penelitian ini yaitu sama-sama memiliki objek penelitian berupa gempa bumi tektonik, tetapi juga terdapat perbedaan pada model yang digunakan, yaitu pada penelitian sebelumnya menggunakan model ARFIMA sedangkan pada penelitian kali ini yaitu menggunakan model ARIMA serta lokasi objek yang sebelumnya mencakup seluruh Pulau Sumatera, pada penelitian kali ini dipersempit pada wilayah Provinsi Lampung saja.

Metode yang sama selanjutnya terdapat pada Penelitian oleh Eri Saputra, Samsul Bahri, Cut Azmah Fithri, dan Abdul Kadir yang bertujuan untuk melakukan prediksi jumlah gempa di Aceh berdasarkan data sebelumnya dengan menggunakan metode

²⁰ Nya Daniaty Malau and Mester Sitepu, "Peramalan Terjadinya Gempa Bumi Tektonik Untuk Wilayah Pulau Nias Menggunakan Metode Distribusi Weibull Dan Eksponensial," *Jurnal EduMatSains* 1, no. 1 (2016): 15–28, <https://doi.org/https://doi.org/10.33541/edumatsains.v1i1.65>.

²¹ Jose Rizal et al., "Analisis Kejadian Gempa Bumi Tektonik Di Wilayah Pulau Sumatera," *Jurnal Matematika* 6, no. 1 (2016).

ARIMA (*Box-Jenkins*) untuk melihat tingkat akurasi prediksi dan kekuatan gempa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pemeriksaan diagnostik ARIMA (2,1,1) merupakan model terbaik untuk data observasi²². Sehingga dari model tersebut, didapat kekuatan gempa 4,647 yang terjadi pada bulan Januari 2018 sebagai gempa berkekuatan paling tinggi serta tidak ada gempa yang berpotensi menimbulkan Tsunami. Terdapat perbedaan yaitu pada lokasi objek yang diteliti, pada penelitian sebelumnya objek yang diteliti berada pada wilayah Aceh, sedangkan lokasi objek pada penelitian sekarang ada di wilayah Lampung.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Rina Dwi Fitrianiingsih pada skripsinya yang berjudul “*Peramalan Gempa Tektonik Di Jawa Dan Bali Menggunakan Model ARIMA*”. Pada penelitiannya, ia meramalkan mengenai data gempa bumi yang ada di Pulau Jawa dan Bali menggunakan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Data yang digunakan dalam peramalan gempa tektonik di Jawa dan Bali adalah banyaknya gempa tektonik yang terjadi tiap 6 bulan dan mean magnitude gempa tektonik yang terjadi tiap 6 bulan yang mempunyai magnitude 5-6.9 SR dan kedalaman gempa 70 km. Data berasal dari Laboratorium Seismik FIK-TM ITB bekerjasama dengan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) mulai tahun 1964 sampai tahun 2000²³. Terdapat perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian yang peneliti lakukan yaitu pada batasan masalah yang peneliti gunakan yaitu data dari tahun 1960-2019 yang mempunyai magnitudo ≥ 4 SR dengan kedalaman ≤ 300 km serta bersumber dari Katalog *United States Geological Survey* (USGS).

Jika disimpulkan, terdapat beberapa Perbedaan pada penelitian kali ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya, antara lain terletak pada Metode yang digunakan yaitu Metode ARIMA

²² Eri Saputra et al., “The Use Of Box-Jenskin Method (ARIMA) To Predict Earthquakes Regarding Aceh Regional Planning,” *International Conference on Multidisciplinary Engineering (ICoMdEn)*, 2018.

²³ Rina Dwi Fitrianiingsih, “Peramalan Gempa Tektonik Di Jawa Dan Bali Menggunakan Model ARIMA” (Universitas Sebelas Maret, 2009).

dengan objek penelitian yang berada di Provinsi Lampung. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tahunan pada rentang waktu dari 1960-2019 yang diambil dari katalog Website USGS (*United States Geological Survey*). Serta yang terakhir adalah penggunaan *software R-Project* untuk menganalisis data gempa yang didapat.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan serta melihat peranan penting dari Metode ARIMA, memberikan representasi bahwa tujuan dari dilakukannya metode ini untuk mengetahui dan memberikan model yang tepat dan bisa berperan memanifestasikan hubungan dari waktu-waktu yang terstruktur dan kemudian dievaluasi dengan melakukan teknik peramalan (*forecasting*). Sehingga hasil yang didapat bisa menjadi suatu tinjauan dan analisis kejadian yang terjadi sampai saat ini dan juga untuk memperkirakan sampai mana pengaruhnya di masa yang akan datang. Dari permasalahan di atas, maka penulis termotivasi melakukan penelitian yang berjudul: “**Analisis Deret Waktu untuk Prediksi Gempa Bumi di Provinsi Lampung Menggunakan Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)**”.

C. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat didefinisikan permasalahannya sebagai berikut :

1. Banyak masyarakat masih kesulitan dalam memprediksi gempa bumi.
2. Tingkat kesadaran dan pemahaman masyarakat masih rendah terhadap gempa bumi.
3. Masih kurangnya antisipasi dari semua elemen masyarakat dalam menyikapi bencana gempa bumi.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas, dapat disusun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana bentuk umum model ARIMA dan parameternya untuk prakiraan jumlah gempa bumi tektonik di Provinsi Lampung menggunakan *Software R-Project* ?
2. Bagaimana tingkat akurasi dari metode ARIMA jika dibandingkan dengan data riil gempa bumi di Provinsi Lampung yang diberikan USGS ?
3. Berapa besar jumlah gempa bumi di provinsi lampung untuk 6 periode (6 Tahun) mendatang ?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis dan menyajikan model peramalan terbaik untuk jumlah gempa bumi menggunakan metode ARIMA di provinsi lampung.
2. Mengetahui besarnya tingkat akurasi dari model yang diberikan.
3. Memperkirakan jumlah gempa bumi di provinsi lampung untuk 6 periode (6 Tahun) mendatang.

F. Batasan Masalah

Agar penulisan ini dapat dilakukan lebih focus, sempurna, dan mendalam, maka ditentukan batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Data yang digunakan sebagai objek penelitian adalah data sekunder jumlah gempa bumi di Provinsi Lampung yang diambil dari katalog USGS dalam periode waktu 1960 – 2019 dengan parameter sebagai berikut :
 - a. Episenter : - Lattitude: $105^{\circ}45' - 103^{\circ}48' BT$
- Longitude: $3^{\circ}45' - 6^{\circ}45' LS$
 - b. Magnitudo : $M \geq 4,0$
 - c. Kedalaman : $\leq 300 km$
2. Metode yang digunakan dalam menganalisis jumlah data gempa ini adalah Metode ARIMA
3. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software R-Project*

G. Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat yang dihasilkan dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan Informasi kepada pembaca tentang gambaran bagaimana Analisis Deret Waktu untuk Prediksi Gempa Bumi Menggunakan Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) di Provinsi Lampung.
2. Dapat mempermudah para peneliti lain yang ingin menggunakan metode serupa.
3. Dapat digunakan sebagai alternatif rujukan oleh lembaga terkait atau peneliti lain dalam memperoleh hasil akurasi yang lebih baik dan menentukan metode yang lebih efektif.
4. Dapat digunakan sebagai bahan rujukan/ pertimbangan bagi pemerintah dalam menentukan upaya preventif guna meminimalisir dampak bencana gempa bumi.

H. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan secara keseluruhan dalam penelitian ini terdiri dari 3 bab yang terbagi menjadi beberapa sub-bab, yakni:

1. BAB I : Pada bab ini Menjelaskan mengenai Penegasan Judul, Latar Belakang masalah, identifikasi masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan masalah, Manfaat Penelitian, Sistematika Pembahasan.
2. BAB II : Bab ini membahas mengenai landasan teoritis, yaitu Gempa Bumi, Sesar atau Patahan, Kondisi Seismotektonik Provinsi Lampung, Peramalan, Analisis Deret Waktu (*Time Series*), Stasioneritas, ACF dan PACF, Transformasi Box-Cox, Differencing, Proses *White Noise*, Metode ARIMA.
3. BAB III : Bab yang membahas 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 Stasioneritas Data, Identifikasi Model, Parameter Estimasi, Tes Diagnostik, serta Peramalan, serta membahas hasil penelitian.

5. BAB V : Merupakan bab terakhir (penutup) dari isi skripsi meliputi kesimpulan dan saran yang diambil berdasarkan pembahasan yang ada di bab sebelumnya.





BAB II LANDASAN TEORI

A. Gempa Bumi

1. Definisi Gempa

Gempa bumi (*earthquake*) adalah peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi karena pergerakan/pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik²⁴. Menurut BMKG, Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi²⁵.

Energi yang dihasilkan tersebut berasal dari sebuah pusat gempa yang disebut dengan Hiposentrum. Hiposentrum atau pusat gempa merupakan sumber gempa yang terdapat pada kedalaman tertentu di bumi. Kekuatan suatu gempa sangat tergantung pada lokasi hiposentrumnya²⁶. Hiposentrum ini terdapat di dalam bumi (*Litosfer*), sedangkan pusat atau titik yang terdapat di permukaan bumi disebut dengan Episentrum. Titik ini sebagai wilayah/area yang paling awal menerima energy dari Hiposentrum sehingga terdampak dan mengalami kerusakan paling parah. Ketika Hiposentrum menghasilkan suatu energi gempa, Maka timbul getaran yang merambat ke segala arah (membentuk lingkaran) dan menyebar menjauhi titik pusat gempa yang disebut dengan Gelombang Seismik. Getaran itu berupa gelombang primer dan gelombang

²⁴ Sunarjo, Gunawan, and Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*. Hal. 26

²⁵ Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, "Gempabumi," Accessed May 11, 2020, <http://balai3.denpasar.bmkg.go.id/tentang-gempa>.

²⁶ Rastri Prathivi, "Optimasi Algoritme Naive Bayes Untuk Klasifikasi Data Gempa Bumi Di Indonesia Berdasarkan Hiposentrum," *Telematika* 13, no. 1 (2020): 36–43, <https://doi.org/10.35671/telematika.v13i1.928>.

sekunder. Dari episentrum, juga terjadi rambatan getaran dipermukaan bumi dalam bentuk gelombang panjang²⁷. Kerusakan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain besarnya gempa²⁸, kedalaman hiposentrum gempa bumi, jenis batuan yang terkena gempa, besarnya pergeseran batuan (*displacement*), lama dari getaran gempa²⁹, kerentanan bangunan, kualitas tanah serta kualitas bangunan³⁰. Dari banyak factor yang telah disebutkan, kualitas kontruksi suatu bangunan sangat berperan dalam dampak gempa. Semakin rentan suatu bangunan runtuh ketika diguncang gempa, akan semakin mengakibatkan banyaknya korban jiwa dan kerugian harta benda.

2. Jalur Utama Gempa Bumi

Gempa adalah suatu bencana yang eksklusif karena hanya terjadi pada pada daerah/wilayah tertentu. Indonesia termasuk salah satu wilayah yang rawan gempa karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik utama dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik³¹. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan menyusup kedalam lempeng Eurasia, sementara lempeng pasifik bergerak relatif ke arah barat. Jalur pertemuan lempeng berada di laut sehingga apabila terjadi

²⁷ Adang Awaludin, "Penentuan Waktu Berakhirnya Gempa Susulan Untuk Gempa Bumi Biak 16 Juni 2010" (Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2011). H. 9

²⁸ Lubis and Hadi, "Analisis Kecepatan Gelombang Seismik Bawah Permukaan Di Daerah Yang Terkena Dampak Gempa Bumi 4 Juni 2000 (Studi Kasus : Kampus Universitas Bengkulu)." hal. 69

²⁹ Hendro Murtianto, "Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat Dan Sekitarnya," *Jurnal Geografi Gea* 10, no. 1 (2010), <https://doi.org/10.17509/gea.v10i1.1667>.

³⁰ Resi Elfritri, Akhmad Suraji, and Abdul Hakam, "Kontribusi Kontraktor Terhadap Pengurangan Resiko Kegagalan Bangunan Akibat Gempa Di Kota Padang," *Jurnal Rekayasa Sipil* 12, no. 1 (2016): 49–58.

³¹ Agung Prasetyo and Bukhori Bukhori, "Perbandingan Kebutuhan Tulangan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Terhadap Biaya Konstruksi Berdasarkan Pembebanan SNI 1726:2012 Serta SNI 1727:2013 Dengan Pembebanan Sebelumnya," *Logika : Jurnal Ilmiah Lemlit Unwagati Ciebon* 23, no. 1 (2019): 12.

gempabumi besar dengan kedalaman dangkal maka akan berpotensi menimbulkan tsunami sehingga Indonesia juga rawan Tsunami³².

Terdapat 3 jalur utama gempa bumi yang merupakan batas pertemuan dari beberapa lempeng tektonik aktif :

a. Jalur Gempa Bumi Sirkum Pasifik

Jalur ini dimulai dari Cardilleras de Los Andes (Chili, Equador, dan Caribia), Amerika Tengah, Mexico, California British Columbia, Alaska, Alaution 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, Kaukasus, 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 Selatan³³.

Jika ketiga jalur tersebut dilihat dari persentase terjadinya bencana gempa yang ada di dunia maka :

a. Jalur Sirkum Pasifik yang persentase terjadinya kegempaan di dunia sebesar 80%.

b. Jalur mediterania yang dimulai dari Laut Atlantik dan berakhir serta bertemu dengan Jalur Sirkum pasifik di daerah Maluku, jalur ini memberikan persentase kegempaan sebesar 15%.

³² Awaludin, "Penentuan Waktu Berakhirnya Gempa Susulan Untuk Gempa Bumi Biak 16 Juni 2010." h. 10

³³ Ahmad Fulki, "Analisis Parameter Gempa, B Value Dan PGA Di Daerah Papua," *Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta* (Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2011).

- c. Jalur di tengah-tengah Atlantik, jalur yang paling kecil pengaruhnya yaitu hanya sebesar 5%³⁴.

Dikaji secara geologis, kepulauan Indonesia berada pada pertemuan 2 jalur gempa utama, yaitu Jalur Sirkum Pasifik yang juga sering disebut *Ring of Fire* karena jalur ini adalah jalur Vulkanik dan jalur mediterania. Inilah yang menyebabkan wilayah Indonesia menjadi langganan gempa yang cukup dahsyat karena berada pada wilayah yang mempunyai aktivitas kegempaan cukup tinggi.

3. Teori Lempeng Tektonik

Teori lempeng tektonik muncul setelah Alfred Wegener pada tahun 1915 dalam bukunya *The Origin of Continents and Oceans* mengemukakan bahwa benua yang padat sebenarnya terapung dan bergerak di atas massa yang relatif lembek (*continental drift*)³⁵. Menurut teori ini, kulit bumi (kerak bumi) yang disebut *litosfer* terdiri dari lempengan yang padat yang mengambang di atas lapisan yang lebih padat yang disebut *Astenosfer*. Ada dua jenis kerak bumi, yaitu kerak samudra dan kerak benua. Kerak samudra tersusun atas batuan yang bersifat basa, sedangkan kerak benua tersusun atas batuan yang bersifat asam³⁶. Lempeng-lempeng tektonik pembentuk kulit bumi selalu bergerak karena adanya pengaruh arus konveksi yang terjadi pada lapisan *Astenosfer* dengan posisi berada di bawah lempeng tektonik kulit bumi³⁷.

³⁴ Bambang Supriyadi and Priyo Sulistyono, "Beberapa Hal Yang Perlu Dipertimbangkan Pada Perencanaan Bangunan Konstruksi Baja Akibat Pengaruh Gempa," *Media Teknik* VI, no. 1 (1983): 22.

³⁵ Alfred Wegener, *The Origin of Continents and Oceans* (Courier Corporation, 1966).

³⁶ Samadi, *Geografi 1 SMA Kelas X* (Bogor: Quadra, 2007). 75

³⁷ Hartono, *Geografi: Jelajah Bumi Dan Alam Semesta* (Bandung: Citra Praya, 2007). h. 45



Gambar 2.1
Peta Lempeng Tektonik Dunia (Hartono, 2007)

Pergerakan lempeng tektonik dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan arahnya, yaitu sebagai berikut :

a. Konvergensi

Gerakan saling bertumbukan antarlempeng tektonik. Tumbukan antar lempeng tektonik dapat berupa tumbukan antar lempeng benua dengan benua, atau antara lempeng benua dengan lempeng dasar samudra.

Zona atau tempat terjadinya tumbukan antarlempeng benua dengan benua disebut dengan *zona konvergen*³⁸. Pada zona ini kedua lempeng bergerak saling mendekati sehingga pada batas-batas kedua lempeng cenderung melipat ke atas dan membentuk pegunungan lipatan³⁹. Contohnya tumbukan antara lempeng India dengan Lempeng Benua Eurasia yang menghasilkan pegunungan yang sekarang mempunyai puncak tertinggi, *Mount Everest*.

³⁸ Ibid.

³⁹ Awaludin, "Penentuan Waktu Berakhirnya Gempa Susulan Untuk Gempa Bumi Biak 16 Juni 2010." h. 15



Gambar 2.2
Pegunungan Everest (Eichmann, 2007)

Zona berupa jalur tumbukan antara lempeng benua dan lempeng dasar samudra disebut **Zona Subduksi** (*Subduction Zone*)⁴⁰. Batas antar lempeng yang saling mendekat hingga mengakibatkan tumbukan dan salah satu lempengnya menunjam ke bawah lempeng yang lain (*Subduct*) disebut batas Konvergen atau batas lempeng desktruktif⁴¹. Potensi gempa bumi besar sering terjadi di zona ini. Contohnya adalah tumbukan antara lempengan benua amerika dengan lempengan dasar samudra Pasifik yang menghasilkan Pegunungan Andes.



Gambar 2.3
Pegunungan Andes

⁴⁰ Hartono, *Geografi: Jelajah Bumi Dan Alam Semesta*. h. 46

⁴¹ Samadi, *Geografi 1 SMA Kelas X*. h.75

b. Divergensi

Gerakan saling menjauh antarlempeng tektonik⁴². Ketika dua lempeng bergerak secara divergen (saling menjauhi), pada dasar samudra akan mengalami pelebaran. Pergerakan ini mengakibatkan material panas berasal dari astenosfer atau mantel bumi naik mengisi celah yang terbentuk⁴³ atau terjadinya pergerakan mantel bumi (*Mantle Convection*) sehingga membentuk Lantai Samudra (*Sea Floor Spreading*). Pergerakan ini menghasilkan pegunungan yang berada di tengah laut (*Mid Oceanic Ridge*).

c. Transform (Sesar Mendatar)

Gerakan saling bergesekan (berlawanan arah) antarlempeng tektonik⁴⁴. Sesar mendatar terbagi menjadi 2 jenis, yaitu :

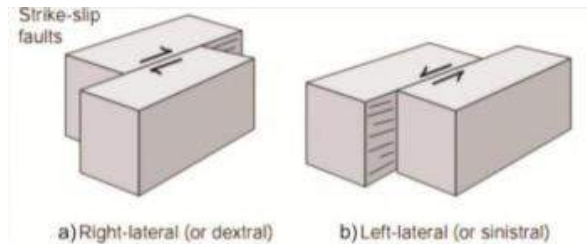
- 1). Sesar Mendatar Dextral, yaitu sesar mendatar yang blok batuan kanannya lebih mendekati pengamat.
- 2). Sesar Mendatar Sinistral, yaitu sesar mendatar yang blok batuan kirinya lebih mendekati pengamat⁴⁵.

⁴² Hartono, *Geografi: Jelajah Bumi Dan Alam Semesta*. h.46

⁴³ Bambang Ruwanto and Bambang Shakuntala, *Mengenal Bencana Alam : Gempa Bumi*, 1st ed. (Yogyakarta: Kanisius, 2008).

⁴⁴ Hartono, *Geografi: Jelajah Bumi Dan Alam Semesta*. H.46

⁴⁵ Sukir Maryanto, *Seismik Vulkanologi* (Malang: UB Press, 2016).h. 82



Gambar 2.4
Sesar Mendatar Dextral dan Sinistral
 (Maryanto, 2016)

Zona berupa jalur tempat bergeseknya antarlempeng tektonik disebut dengan Zona Transform (Zona Sesar Mendatar).

4. Gelombang Seismik

Gempa bumi terjadinya karena pergerakan batuan batuan secara mendadak, ketika ini berlangsung, sejumlah besar energy dilepaskan bersamaan dengan terlepasnya tekanan⁴⁶. Energy yang dilepaskan tersebut menyebabkan getaran pada batuan sehingga menyalurkan gelombang gempa atau yang disebut dengan gelombang seismik. Seismik berasal dari bahasa Yunani *Seismos* yang artinya Getaran Bumi. Gelombang seismik menyebar ke seluruh arah, gerakan sebarannya sangatlah cepat, dan sumbernya berasal dari bawah permukaan bumi.

Titik pusat gempa tempat batuan bergerak atau pecah untuk pertama kali disebut dengan focus (hiposenter)⁴⁷ yang berada di bawah permukaan bumi. Gelombang seismic terkuat ada di permukaan bumi tepat di atas fokus⁴⁸ disebut dengan episenter. Kekuatan gempa yang terjadi akan semakin

⁴⁶ Dhani Armanto et al., *Bersahabat Dengan Ancaman: Buku Bantu Pendidikan Pengelolaan Bencana Untuk Anak Usia Sekolah Dasar* (Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia, 2007). h.21

⁴⁷ Ibid. h.22

⁴⁸ Phillip Steele, Neil Morris, and Nicola Barber, *Planet Yang Bergolak* (Jakarta: Erlangga, 2008). h. 45

melemah ketika gelombangnya menyebar. Kerusakan yang disebabkan gelombang seismik tergantung pada jenis batuan yang menyusun permukaan yang bergetar⁴⁹. Getaran atau aktivitas seismik direkam oleh para ahli gempa yang disebut dengan *Seismolog* menggunakan alat pencatat gempa (*Seismograf*). Hasil dari aktivitas seismik yang berupa catatan dari *Seismograf* disebut *Seismogram*.

Gelombang utama gempa bumi terdiri dari dua tipe yaitu gelombang bodi (*Body Wave*) dan Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)⁵⁰.

a. Gelombang Badan

Gelombang yang bergerak dari focus disebut dengan gelombang badan⁵¹. Gelombang Badan (*Body Wave*) merupakan gelombang yang menjalar dalam medium yang elastic ke seluruh bagian dalam bumi⁵². Gelombang badan dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan gerak partikelnya yaitu Gelombang P (Gelombang Primer) dan Gelombang S (Gelombang Sekunder).

1). Gelombang P

Gelombang Primer atau Gelombang P merupakan gelombang yang memiliki kecepatan rambat paling besar dibandingkan gelombang seismik yang lain⁵³. Dikarenakan kecepatannya tersebut, Gelombang Primer akan menjadi gelombang pertama yang akan terdeteksi oleh *Seismograf* dan menjadi tanda awal terjadinya gempa bumi⁵⁴. Gelombang P atau gelombang

⁴⁹ Ibid. h.45

⁵⁰ Petrus Demon Sili, *Penentuan Seismisitas Dan Tingkat Risiko Gempa Bumi* (Malang: UB Press, 2003). h. 21

⁵¹ Steele, Morris, and Barber, *Planet Yang Bergolak*. h. 45

⁵² Maryanto, *Seismik Vulkanologi*. h. 17

⁵³ Ibid. h.17

⁵⁴ Ayusari Wahyuni et al., "Analisis Besar Kecepatan Gelombang Primer Pada Stasiun Bmkg Wilayah IV Makassar", Vol. 4 No. 2 (2017), p. 169–173.

Kompresi merupakan gelombang seismic yang merambat di dalam tanah⁵⁵. Gelombang ini merupakan gelombang longitudinal yang bergerak di antara batuan dikarenakan sifatnya yang dapat melalui medium padat, cair, maupun gas. Gelombang primer memiliki arah getaran yang sejajar terhadap arah perambatannya sehingga merapatkan dan merenggangkan batuan-batuan yang dilaluinya⁵⁶.

2). Gelombang S

Gelombang Sekunder atau Gelombang S adalah gelombang Transversal yang menembus batuan dengan arah getaran tegak lurus terhadap arah perambatannya sehingga dapat menaikkan dan menurunkan batuan-batuan yang dilaluinya⁵⁷. Gelombang ini memiliki kecepatan yang lebih lambat dibandingkan Gelombang P sehingga akan terdeteksi oleh *seismograf* setelah Gelombang P. Gelombang S hanya dapat menjalar melalui padatan karena cairan dan gas tidak dapat menyokong tegangan geser⁵⁸. Pada medium cair, gelombang akan teredam dan energinya akan beralih menjadi kalor.

⁵⁵ Sili, *Penentuan Seismisitas Dan Tingkat Risiko Gempa Bumi*. h.21

⁵⁶ Kamajaya, *Fisika Untuk Kelas XII Semester 1 Sekolah Menengah Atas* (Bandung: Grafindo Media Pratama, 2008). H. 6

⁵⁷ Ibid. H. 6

⁵⁸ Sili, *Penentuan Seismisitas Dan Tingkat Risiko Gempa Bumi*. H. 21



Gambar 2.5
Gelombang P dan S (Steele, Morris, & Barber, 2008)

Gelombang P dan S dikategorikan sebagai gelombang badan (*Body Wave*) karena menjalarnya melalui tubuh material secara keseluruhan⁵⁹. Walaupun pada saat merambat gelombang P dan S meninggalkan sumber gempa secara bersamaan, tetapi gelombang S akan mencapai *seismograf* setelah gelombang P karena perambatan gelombangnya lebih lambat. Beda waktu kedatangan antara gelombang P dan S ke *Seismograf* merupakan petunjuk yang penting untuk mengetahui lokasi sumber gempa⁶⁰. Ketika kedua gelombang ini sudah mencapai permukaan bumi, maka gelombang seismik tersebut menjadi gelombang permukaan.

b. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan merupakan jenis gelombang seismik yang medium perambatannya berada di permukaan bumi⁶¹. Gelombang permukaan bergerak

⁵⁹ Ibid. H. 21

⁶⁰ Kamajaya, *Fisika Untuk Kelas XII Semester 1 Sekolah Menengah Atas*. H.6

⁶¹ Maryanto, *Seismik Vulkanologi*. H. 18

lebih lambat dibanding Gelombang Badan, namun dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih besar dibanding gelombang badan karena gelombang ini membutuhkan waktunya yang lebih lama untuk melewati suatu daerah. Gelombang permukaan merupakan gelombang yang kompleks dengan frekuensi yang rendah dan amplitudo besar, yang menjalar akibat adanya efek *free surface* dimana terdapat perbedaan sifat elastik⁶². Gelombang permukaan ini dibagi menjadi 2 jenis, yaitu Gelombang *Rayleigh* dan Gelombang *Love*, diambil dari nama dua ilmuwan ahli fisika asal Inggris yaitu Lord Rayleigh dan A.E.H. Love.

1). Gelombang Rayleigh

Gelombang Rayleigh adalah gelombang yang menjalar di permukaan bumi dengan bentuk penjaran partikelnya menyerupai ellips. Gelombang ini terjadi karena interaksi antar gelombang (*interferensi*) yaitu gelombang Tekan dan Gelombang Geser secara konstruktif. Penjaran gelombang ini saat di permukaan akan bergerak dengan kecepatan lebih rendah dibanding gelombang S dengan kenaikan amplitudo di permukaan bumi sehingga membuat Gelombang tersebut nampak sebagai gelombang yang memiliki amplitudo terbesar yang terekam pada *Seismogram Long Period* ataupun *Broadband*. Dikarenakan Gelombang Rayleigh merupakan gelombang panjang, kecepatan Gelombang Rayleigh tidak tergantung pada frekuensi, semakin besar panjang Gelombang dari gelombang Rayleigh maka semakin besar kecepatannya⁶³. Namun, Amplitudo

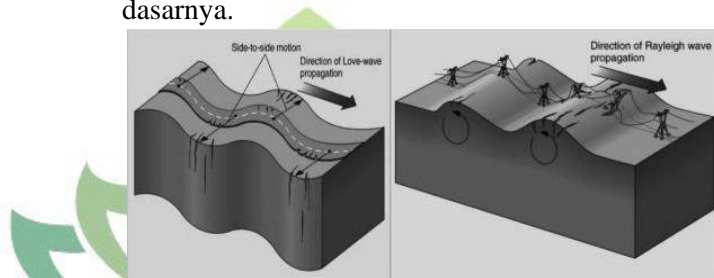
⁶² Susilawati, "Karya Ilmiah: Penerapan Penjaran Gelombang Seismik Gempa Pada Penelaahan Struktur Bagian Dalam Bumi," *Universitas Sumatera Utara (USU)*, 2008, <https://doi.org/10.1109/LAWP.2015.2407879>. h.19

⁶³ Sili, *Penentuan Seismisitas Dan Tingkat Risiko Gempa Bumi*. H.22

Gelombang Rayleigh akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman⁶⁴.

2). Gelombang *Love*

Gelombang *Love* merupakan gelombang yang bergerak secara horizontal tanah (*ground*) bergerak ke arah samping dan tegak lurus arah rambatan gempa bumi⁶⁵ dan membentuk huruf S pada pola rambatannya. Gelombang ini memiliki kecepatan rambat yang rendah namun jika dibandingkan dengan Gelombang *Rayleigh*, maka gelombang ini memiliki rambat yang lebih besar. Gelombang ini cenderung merusak bangunan terutama pada bagian dasarnya.



Gambar 2.6
Gelombang *Love* dan *Rayleigh*
(Gadjah Mada University Press, 2008)

5. Parameter Gempa Bumi

Parameter Gempa bumi adalah informasi yang berkaitan dengan kejadian gempa bumi, mencakup kapan terjadinya gempa, dimana sumber gempa berasal, seberapa besar kekuatan gempa, dan seberapa dalam sumber gempa. Parameter gempa bumi antara lain:

⁶⁴ Maryanto, *Seismik Vulkanologi*. H.19

⁶⁵ Gadjah Mada University Press, *Penaksiran Multirisiko Bencana Di Wilayah Kepesisiran Parangtritis: Suatu Analisis Serbacakup Untuk Membangun Kepedulian Masyarakat Terhadap Berbagai Kejadian Bencana*, ed. Sunarto, Muh Aris Marfai, and Djati Mardiatno (Yogyakarta: UGM Press, 2008). H.47

a. Waktu Kejadian Gempa (*Origin Time*)

Waktu Kejadian gempa (*Origin Time*) adalah waktu dimana pertama kali terjadinya suatu gempa di dalam tanah. Pada waktu tersebut akumulasi tegangan (*stress*) terlepas dalam bentuk penjalaran gelombang gempabumi⁶⁶ dan dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinated*)⁶⁷.

b. Episenter

Sumber gempabumi (*episenter*) adalah titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter atau fokus gempabumi⁶⁸. Episenter adalah pusat kejadian gempabumi (Hiposenter) yang diproyeksikan ke permukaan sebagai suatu titik, atau dapat berupa bidang⁶⁹.

c. Kedalaman Sumber Gempa

Kedalaman Sumber gempa merupakan jarak pusat gempabumi yang diukur ke bawah dari permukaan⁷⁰ atau bisa disebut juga dengan jarak Hiposenter yang ditarik garis lurus dari permukaan bumi (*Episenter*). Kedalaman gempabumi ini dinyatakan dalam satuan km oleh besaran jarak.

d. Intensitas Gempa Bumi

Intensitas gempa adalah ukuran akibat gempa yang terjadi di satu tempat tertentu⁷¹. Angkanya ditentukan dengan menilai kerusakan yang dihasilkannya, pengaruhnya pada benda-benda, bangunan, dan tanah,

⁶⁶ Sunarjo, Gunawan, and Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*. h. 110

⁶⁷ Sili, *Penentuan Seismisitas Dan Tingkat Risiko Gempa Bumi*. h.74

⁶⁸ Sunarjo, Gunawan, and Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*. h.14

⁶⁹ Teguh Rahayu et al., *Wajah Tektonik Sumatera Bagian Utara* (Medan: Yayasan Kita Menulis, 2020). H. 40

⁷⁰ Ibid.

⁷¹ Armanto et al., *Bersahabat Dengan Ancaman : Buku Bantu Pendidikan Pengelolaan Bencana Untuk Anak Usia Sekolah Dasar*. h.23

dan akibatnya pada orang-orang⁷². Intensitas terbesar terdapat pada daerah yang menjadi episenter gempa dan akan menurun intensitasnya ketika energy menyebar ke segala arah menjauhi episenter. Skala yang menyatakan intensitas gempa bumi adalah Skala Mercally atau *Modified Mercally Intensity Scale (MMI Scale)*. Skala ini dikembangkan pada 1902 oleh seorang seismolog Itali bernama Guiseppe Mercalli⁷³. Skala ini bersifat kualitatif, subjektif, dan sangat bergantung pada kondisi di lapangan yang terdampak gempa. skala intensitas gempabumi ditetapkan dengan satuan romawi I-XII. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika pada tahun 2016 menetapkan Skala Intensitas Gempabumi terbaru yang disesuaikan dengan kondisi wilayah yang ada di Indonesia seperti dijelaskan pada **tabel 2.1**

Tabel 2.1

Skala Intensitas Gempa Bumi BMKG⁷⁴

Skala SIG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	Tidak Dirasakan (<i>Not Felt</i>)	Tidak dirasakan atau dirasakannya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat	I-II	< 2.9
II	Hijau	Dirasakan (<i>Felt</i>)	Dirasakan oleh orang banyak	III-V	2.9-88

⁷² ESDM, “Pengenalan Gempabumi,” *Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral*, 2016. H.4

⁷³ Armanto et al., *Bersahabat Dengan Ancaman : Buku Bantu Pendidikan Pengelolaan Bencana Untuk Anak Usia Sekolah Dasar*. h.23

⁷⁴ BMKG, “Skala MMI (Modified Mercalli Intensity),” Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2016, <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>.

Skala SIG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
			tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar		
III	Kuning	Kerusakan Ringan (<i>Slight Damage</i>)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	Kerusakan Sedang (<i>Moderate Damage</i>)	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah, sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar	VII-VIII	168-564

Skala SIG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
			genteng bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.		
V	Merah	Kerusakan Berat (<i>Heavy Damage</i>)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	>564

e. Magnitudo gempa Bumi

Ukuran besarnya kekuatan gempa bumi dinyatakan dengan istilah Magnitudo Gempabumi. Magnitudo merupakan parameter yang menyatakan kekuatan gempabumi dalam skala logaritmik⁷⁵. Perbedaan magnitudo dengan intensitas dari suatu gempabumi adalah magnitudo dihitung dari catatan alat sedangkan intensitas didasarkan atas akibat langsung dari getaran gempabumi⁷⁶. Magnitudo mempunyai nilai yang sama (tetap) untuk sebuah gempa di semua tempat, sedangkan

⁷⁵ Rahayu et al., *Wajah Tektonik Sumatera Bagian Utara*. h.42

⁷⁶ Sunarjo, Gunawan, and Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*. h.123-124

intensitas akan berbeda-beda nilai skalanya untuk setiap tempat meskipun diakibatkan oleh sebuah gempa karena dinilai dari kerusakan yang dihasilkan. Skala yang menyatakan nilai magnitudo disebut dengan Skala Richter yang diperkenalkan oleh Charles F. Richter 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 Richter⁷⁷

Mercalli	Deskripsi	Richter
I	Hanya dapat dideteksi 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 bergeser, 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 massal, kerusakan fondasi.	-
X	Banyak bangunan hancur.	-

⁷⁷ Sukandarrumidi, *Bencana Alam Dan Bencana Anthropogene: Petunjuk Praktis Untuk Menyelamatkan Diri Dan Lingkungan* (Yogyakarta: Kanisius, 2010). H. 50

Mercalli	Deskripsi	Richter
XI	Keretakan lebah di tanah dan jalaan raya.	7,3
XII	Kehancuran total, gelombang dapat disaksikan di permukaan.	8,9

6. Klasifikasi Gempa Bumi

Gempa bumi digolongkan menjadi beberapa kategori, yaitu mulai dari proses terjadinya, bentuk episentrumnya, kedalaman hiposentrumnya, jaraknya, dan lokasinya⁷⁸.

a. Menurut Proses Terjadinya

- 1). Gempa Tektonik, yaitu gempa yang terjadi akibat adanya tumbukan lempeng-lempeng di lapisan litosfer kulit bumi oleh tenaga tektonik.
- 2). Gempa Vulkanik, yaitu gempa yang terjadi akibat aktivitas gunung merapi.
- 3). Gempa Runtuhan atau Longsor, yaitu gempa yang terjadi karena adanya runtuh tanah atau batuan.
- 4). Gempa Jatuhan, yaitu gempa yang terjadi akibat adanya benda langit yang jatuh ke bumi, misalnya meteor.
- 5). Gempa Buatan, yaitu gempa yang memang sengaja dibuat oleh manusia.

b. Menurut Bentuk Episentrum

Menurut bentuk episentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, berikut ini kedua jenis gempa tersebut,

- 1). Gempa Sentral, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk titik.
- 2). Gempa Linear, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk garis.

c. Menurut Kedalaman Hiposentrum

⁷⁸ Evi Rine Hartuti, *Buku Pintar Gempa*, (Yogyakarta: Diva Press, 2009) h.23-

Menurut kedalaman hiposentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis. Berikut ini ketiga kelompok gempa tersebut.

- 1). Gempa Bumi Dalam, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi.
- 2). Gempa Bumi Menengah, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum antara 60 – 300 km di bawah permukaan bumi.
- 3). Gempa Bumi Dangkal, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum kurang dari 60 km di bawah permukaan bumi.

d. Menurut Jarak Episentrum

Menurut jarak episentrumnya, gempa dapat dibagi menjadi tiga kelompok. Ketiga kelompok tersebut adalah sebagai berikut.

- 1). Gempa Sangat Jauh, yaitu gempa yang jarak episentrumnya lebih dari 10.000 km.
- 2). Gempa jauh, yaitu gempa yang jarak episentrumnya sekitar 10.000 km.
- 3). Gempa local, yaitu gempa yang jarak episentrumnya kurang dari 10.000 km.

e. Menurut Lokasi Episentrum

Menurut Lokasi episentrumnya, gempa dapat di kelompokkan menjadi dua. Kedua kelompok gempa tersebut adalah sebagai berikut.

- 1). Gempa Daratan, yaitu gempa yang lokasi episentrumnya berada di daratan.
- 2). Gempa Lautan, yaitu gempa yang lokasi episentrumnya berada di dasar laut.

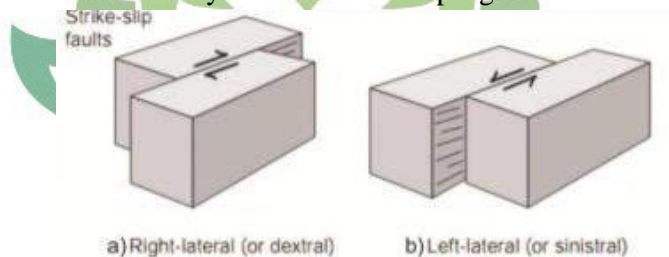
B. Sesar atau Patahan (Fault)

Sesar atau patahan (*fault*) adalah bidang batas antara dua fraksi kulit bumi yang mengalami gerakan relatif, biasanya merupakan daerah yang relatif lemah, mengalami retakan atau

terdapat celah⁷⁹. Singkatnya sesar adalah suatu patahan atau retakan akibat pergeseran dua fraksi (bagian) batuan. Sesar atau patahan terjadi karena adanya tekanan yang kuat dan mungkin berlangsung sangat cepat, yang mengakibatkan batuan mengalami retakan atau bahkan pergeseran posisi⁸⁰.

Arah pergerakan yang terjadi disepanjang permukaan suatu sesar dikenal sebagai bidang sesar. Apabila bidang sesarnya tidak tegak, maka batuan yang terletak di atasnya dikenali sebagai dinding gantung (*Hangin-Wall*), sedangkan bagian bawahnya dikenal dengan dinding kaki (*Foot-Wall*)⁸¹. Terdapat 2 jenis Sesar (*Fault*) berdasarkan arah pergerakannya, yaitu:

1. *Strike Slip Fault*, sesar yang arah pergerakannya relative parallel dengan strike bidang sesar. Sesar ini disebut juga sebagai sesar mendatar. Sesar mendatar terbagi lagi atas:
 - a. Sesar Mendatar Dextral, yaitu sesar mendatar yang blok batuan kanannya lebih mendekati pengamat.
 - b. Sesar Mendatar Sinistral, yaitu sesar mendatar yang blok batuan kirinya lebih mendekati pengamat.



Gambar 2.7
Sesar Mendatar (Maryanto, 2016)

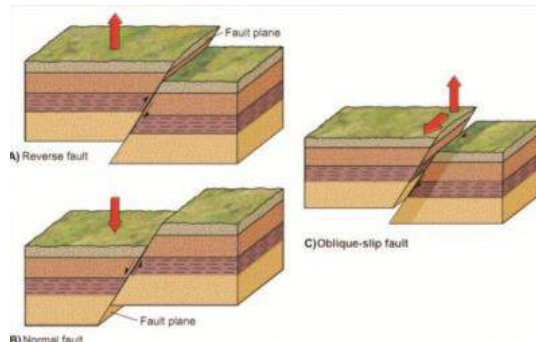
2. *Dip Slip Fault*, sesar yang arah pergerakannya relative tegak lurus *strike* bidang sesar dan berada pada *dip* bidang sesar. *Dip Slip Fault* terbagi atas:

⁷⁹ Sunarjo, Gunawan, and Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*. h.34

⁸⁰ Maryanto, *Seismik Vulkanologi*. h. 82

⁸¹ Djauhari Noor, *Pengantar Geologi* (Yogyakarta: Deepublish, 2014). H. 428

- a. *Strike-Dip Slip Fault* atau (*Oblique Fault*), yaitu sesar yang *vector* pergerakannya terpengaruh arah *strike* dan *dip* bidang sesar.
- b. Sesar Normal, yaitu sesar yang pergerakan *Hanging-Wall*nya relatif turun terhadap *Foot-Wall*.
- c. Sesar Naik, yaitu sesar yang pergerakan *Hanging-Wall*nya relatif naik terhadap *Foot-Wall*⁸².



Gambar 2.8
Dip Slip Fault (Maryanto, 2016)

C. Kondisi Seismotektonik Provinsi Lampung

Secara geografis, letak Provinsi Lampung berada di ujung selatan Pulau Sumatera dan terletak pada koordinat $105^{\circ}45' - 103^{\circ}45' BT$ dan $3^{\circ}45' - 6^{\circ}45' LS$ dengan memiliki total luas wilayah $35.376,50 \text{ km}^2$. Provinsi Lampung sendiri merupakan wilayah dengan potensi kegempaan yang tinggi di Indonesia, dikarenakan terdapat Zona Subduksi Lempeng Indo-Australia yang bergerak dan menunjam ke bawah Lempeng Eurasia di sepanjang Laut Barat Sumatera. Zona tersebutlah yang menjadi pusat kegempaan yang terjadi setiap tahunnya.

⁸² Maryanto, *Seismik Vulkanologi*. h. 82-83



Gambar 2.9
Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Provinsi
Lampung

Provinsi Lampung juga di lewati oleh sesar tektonik aktif yang membentang dari Provinsi Aceh hingga perairan Selat Sunda, yang biasa disebut dengan Sesar Semangko. Sesar ini terdapat 19 Segmen Utama dan membentang sepanjang 1.900 km dan 3 di antaranya terdapat di daratan Provinsi Lampung, yaitu Segmen Semangko, Kumering, dan Segmen Sunda.

Selain 3 sesar tersebut, terdapat juga pula satu sesar patahan aktif di sepanjang pantai bagian timur Teluk Lampung yang disebut dengan Sesar Tarahan. Sesar ini mengarah ke daratan mulai Tarahan, Panjang, dan Lereng Timur Gunung Rajabasa hingga sampai ke Perairan Selat Sunda. Struktur Sesar ini diduga termasuk jenis sesar mendatar yang bergerak relative ke kanan dan dipengaruhi oleh adanya gerak vertical. Berdasarkan kondisi tektonik ini, maka Lampung memiliki 2 jenis Pembangkit Gempabumi, yaitu aktivitas Zona Subduksi Lempeng di sepanjang laut barat Sumatra dan aktivitas sesar local yang dihasilkan oleh gerakan subduksi lempeng tersebut,

D. Peramalan

Pada sebuah daerah yang berada pada wilayah kegempaan tinggi sangat penting meramalkan hal-hal yang akan terjadi di masa depan. Untuk meramalkan kapan dan dimana bencana dapat terjadi perlu adanya suatu cara yang tepat, sistematis, dan dapat dipertanggungjawabkan hasilnya sebagai basis untuk menentukan suatu keputusan karena seperti yang dikemukakan oleh Niels Bohr, Membuat Prediksi yang Baik tidak selalu mudah⁸³. Pengambilan keputusan yang menyangkut keadaan di masa yang akan datang, maka pasti ada peramalan yang melandasi pengambilan keputusan tersebut.

Peramalan Merupakan suatu usaha untuk meramalkan keadaan di masa mendatang melalui pengujian keadaan di masa lalu⁸⁴. Hakikatnya adalah memperkirakan peristiwa dengan melibatkan data masa lalu dan meletakkannya ke masa yang akan datang dengan suatu bentuk model matematis. Tujuan peramalan adalah untuk memperoleh peramalan yang dapat meminimumkan kesalahan dari meramal (*Forecast Error*) sehingga dengan adanya peramalan diperoleh pula gambaran dari keadaan di masa yang akan datang dan akan mempersembahkan kemudahan dalam menentukan kebijakan dan pengambilan keputusan yang akan disusun. Peramalan diperlukan karena dua alasan dasar: masa depan tidak pasti dan dampak penuh dari banyak keputusan yang diambil sekarang baru dirasakan nanti. Akibatnya, prediksi yang akurat tentang masa depan meningkatkan efisiensi proses pengambilan keputusan⁸⁵.

Peramalan pada umumnya digunakan untuk menaksirkan hal yang kemungkinan besar akan terjadi sehingga dapat disimpulkan bahwa peramalan adalah asumsi mengenai sesuatu hal yang belum

⁸³ Douglas C. Montgomery, Cheryl L. Jennings, and Murat Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, 2nd Editio (New Jersey: Wiley, 2015). h.1

⁸⁴ Hery Prasetya and Fitri Lukiastuti, *Manajemen Operasi* (Yogyakarta: Media Pressindo, 2009). h. 43

⁸⁵ K. Holden, D. A. Peel, and J. L. Thompson, *Economic Forecasting: An Introduction.*, *The Statistician*, vol. 42 (Cambridge University Press, 1990), <https://doi.org/10.2307/2348126>. h. 3

tentu terjadi. Masalah peramalan sering diklasifikasikan menjadi jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Masalah ramalan jangka pendek melibatkan prediksi kejadian hanya untuk beberapa periode waktu (hari, minggu, dan bulan) di masa depan. prakiraan jangka menengah meluas dari 1 hingga 2 tahun ke depan, dan masalah prakiraan jangka panjang dapat melampaui itu selama bertahun-tahun⁸⁶. Peramalan yang andal memungkinkan pengambilan keputusan tepat waktu yang didasarkan pada rencana yang baik⁸⁷. Oleh karena itu, perlu adanya keputusan yang matang dalam menentukan jangka waktu yang ingin dicapai dalam sebuah peramalan.

Secara umum, langkah dalam peramalan adalah mengumpulkan data, memilih dan menyeleksi data, memilih model peramalan, melaksanakan peramalan, dan evaluasi hasil akhir. Hasil akhir dipengaruhi oleh pengambilan keputusan dan hasil akhir dikatakan konsisten bila besarnya kesalahan peramalan relatif kecil⁸⁸. Alasan mengapa peramalan sangat penting adalah karena prediksi kejadian di masa depan merupakan masukan penting ke dalam banyak jenis proses perencanaan dan pengambilan keputusan⁸⁹. Hanya terdapat 2 jenis metode peramalan, yaitu :

1. Metode Kualitatif

Metode ini sering disebut juga metode non-statistik. Teknik peramalan kualitatif seringkali bersifat subjektif dan membutuhkan penilaian dari para ahli⁹⁰. Penelitian ini menekankan pada pendapat seorang ahli (*opinion of an expert*). Hasil peramalan tersebut menjadi krusial karena ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat intuisi,

⁸⁶ Montgomery, Jennings, and Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. h. 2

⁸⁷ Holden, Peel, and Thompson, *Economic Forecasting: An Introduction*. h. 3

⁸⁸ Sri Isfanti Puji Lestari et al., *Peramalan Stok Spare Part Menggunakan Metode Least Square* (Lhokseumawe: Sefa Bumi Persada, 2019). H. 21

⁸⁹ Montgomery, Jennings, and Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. h.3

⁹⁰ Ibid. h. 4

pendapat dan pengetahuan dari orang yang menyusunnya⁹¹. Peramalan kualitatif sering digunakan pada situasi di mana hanya ada sedikit atau tidak ada data historis yang menjadi dasar peramalan⁹².

2. Metode Kuantitatif

Metode ini berfokus pada penggunaan data kuantitatif yang ada pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada metode yang dipergunakan⁹³. Model ini secara formal merangkum pola data dan mengungkapkan hubungan statistik antara nilai variabel sebelumnya dan saat ini⁹⁴. Dengan kata lain, model peramalan yang digunakan bertujuan untuk mengekstrapolasi perilaku pola data masa lalu dan saat ini ke masa depan.

E. Analisis Deret Waktu (*Time-Series*)

Data runtun waktu (*Time Series*) adalah Salah satu tipe data yang dimanfaatkan dalam analisis Empiris. Bagian penting dari analisis deret waktu adalah pemilihan model probabilitas yang sesuai (atau kelas model) untuk data⁹⁵. Konsep dari probabilitas dan konsep Nilai Harapan merupakan 2 konsep yang digunakan pada model probabilitas yang dimaksud. Probabilitas sendiri merupakan peluang yang bakal timbul dalam suatu kasus tertentu.

Analisis Deret Waktu merupakan metode analisis kuantitatif untuk menentukan pola data masa lalu menggunakan data yang

⁹¹ Agustinawati Purba, "Perancangan Aplikasi Peramalan Jumlah Calon Mahasiswa Baru Yang Mendaftar Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing (Studi Kasus: Fakultas Agama Islam UISU)", Vol. 2 No. 6 (2015), p. 9.

⁹² Montgomery, Jennings, and Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. h.4

⁹³ Maftahatul Hakimah, Rani Rotul Muhima, and Anna Yustina, "Rancang Bangun Aplikasi Persediaan Barang Dengan Metode Trend Projection," *SimanteC* 5, no. 1 (2015): 37–48, <http://neo-bis.trunojoyo.ac.id/simantec/article/download/1023/899>.

⁹⁴ Montgomery, Jennings, and Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. h.5

⁹⁵ Peter J. Brockwell and Richard A. Davis, *Introduction to Time Series and Forecasting, Second Edition, Journal of the American Statistical Association*, vol. 92 (New York: Spinger-Verlag, 2002), <https://doi.org/10.2307/2965440>. h.7

dihimpun secara periodik berdasarkan urutan waktu. *Time-Series* didasarkan pada waktu yang berurutan atau berjarak sama (mingguan, bulanan, kuartalan, atau lainnya)⁹⁶. Analisis deret waktu merupakan keterkaitan antara variabel yang diuji / diukur (*Dependent Variable*) dengan variabel yang secara langsung mempengaruhi-nya (*Independent Variable*) yang dikaitkan dengan waktu.

Perilaku dari data *time-series* yang bersifat stokastik yaitu ketidakpastian nilai parameter-parameternya, ini dikarenakan banyak faktor yang tidak diketahui dan tidak memungkinkan untuk melakukan kalkulasi yang tepat. Namun demikian, dimungkinkan untuk mendapatkan model yang dapat digunakan untuk menghitung probabilitas nilai masa depan yang terletak di antara dua batas yang ditentukan⁹⁷. Kondisi masa depan yang tidak dapat diprediksi secara akurat, mengakibatkan pengumpulan data dalam rentang waktu yang panjang. Pengumpulan data tersebut digunakan untuk meningkatkan ketepatan penggunaan model karena mayoritas perilaku keadaan masa lalu dan masa yang akan datang direfleksikan dari data yang dikumpulkan. Peramalan suatu data *time-series* perlu menaruh perhatian pada tipe atau pola data yang bersangkutan. Terdapat 4 macam jenis pola data dalam metode *time-series*, antara lain pola horizontal, musiman, *trend* dan siklis.

Pola Horizontal merupakan pola yang data observasinya berubah-ubah di sekitar rata – rata atau tingkatan yang konstan. Pola musiman adalah pola yang diterapkan ketika suatu deret dipengaruhi oleh factor musiman yaitu terjadi secara periodik. Pola Trend adalah pola yang kecenderungan arah data selama jangka panjang mengalami kenaikan atau penurunan. Sedangkan pola siklis adalah Fluktuasi data secara bergelombang untuk waktu yang lebih dari satu tahun yang terjadi di sekitar garis trend. Dengan mendeteksi pola dan kecenderungan data deret waktu, dan

⁹⁶ Prasetya and Lukiastuti, *Manajemen Operasi*. h. 47

⁹⁷ George E. P. Box et al., *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 5th Editio (New Jersey: Wiley, 2015). H.6

kemudian memformulasikan dalam suatu model, maka dapat digunakan untuk prediksi fenomena mendatang⁹⁸.

F. Stasioneritas

Tidak terjadinya kenaikan maupun penurunan disebut dengan Stasioneritas. Sebuah hal yang penting dari model stokastik untuk mendeskripsikan deret waktu dan telah menerima banyak perhatian, terdiri dari apa yang disebut dengan model stasioner. Model stasioner mengasumsikan bahwa proses tetap dalam kesetimbangan statistik dengan sifat probabilistik yang tidak berubah dari waktu ke waktu⁹⁹. Kesetimbangan ini berada di sekitar *Mean* (Nilai rata-rata) dan *Varian* yang konstan dari waktu ke waktu. Terdapat perilaku yang menandakan bahwa data tersebut adalah data yang stasioner, yaitu mempunyai kecenderungan menghampiri meannya dan tidak memiliki variasi yang terlalu besar. Dalam sebuah data memungkinkan data tersebut tidak stasioner dikarenakan nilai rata-rata yang tidak konstan maupun varian yang tidak konstan. Jika sebuah data yang diamati tidak stasioner, maka data tersebut dapat dimodifikasi menjadi stasioner. Stasioner dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Stasioner dalam Varians

Modifikasi untuk menghasilkan varians yang stasioner harus diterapkan (jika diperlukan) sebelum modifikasi lebih lanjut. Sebuah data dikatakan stasioner dalam varians apabila struktur data dari waktu ke waktu tersebut mempunyai fluktuasi yang konstan. Kita dapat menginduksi varians menjadi stasioner dengan mengubah data. Misalnya, (1) jika simpangan baku suatu deret sebanding dengan levelnya, mengambil logaritma natural akan menghasilkan deret baru dengan varians yang konstan; atau (2) jika varians deret asli sebanding dengan levelnya, mengambil *the square root* akan menginduksi varian konstan. Banyak transformasi lain yang

⁹⁸ Ummiy Fauziah Laili, "Analisis Time Series Terhadap Indeks Harga Konsumen (IHK) Kabupaten Cilacap Dengan Autoregressive Integrated Moving Average Dalam Perspektif Islam", Vol. 02 No. 01 (2012), p. 185–213.

⁹⁹ Box et al., *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. h.7

dimungkinkan, tetapi keduanya (terutama transformasi log) seringkali berguna dalam praktiknya. Transformasi log bersifat umum dan dapat ditafsirkan: perubahan dalam nilai log relatif (persen) berubah dalam metrik asli¹⁰⁰. Apabila data tidak stasioner dalam varians, maka dapat dilakukan transformasi menggunakan *Transformasi Box-Cox* agar varians menjadi konstan.

2. Stasioner Dalam Mean

Sebuah data dikatakan stasioner dalam mean jika memiliki nilai rata-rata yang konstan terhadap fluktuasi datanya. Stasioner atau tidaknya suatu data dalam mean dapat dilihat dari plot ACF nya. Jika dilihat dari plot ACF, nilai-nilai dari autokorelasinya cenderung akan turun lambat menuju nol. Ketidakstasioneran suatu data dalam mean dapat diatasi dengan proses *Differencing*.

G. Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF)

Untuk mengidentifikasi dan menganalisis model dari data *time-series* yang dipakai dalam peramalan, terdapat konsep *Autocorrelation Function* (ACF) atau fungsi autokorelasi dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) atau fungsi autokorelasi parsial yang menjadi instrument penting. Autokorelasi merupakan korelasi atau hubungan antar data pengamatan suatu data *time series*¹⁰¹. Koefisien autokorelasi *lag k* dari data *time-series* dapat ditulis sebagai berikut:

$$r_k = \rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (z_t - \bar{z}_t)(z_{t+k} - \bar{z}_t)}{\sum_{t=1}^n (z_t - \bar{z}_t)^2} \quad (2.1)$$

Dengan:

r_k = Koefisien autokorelasi

¹⁰⁰ Alan Pankratz, *Forecasting with Dynamic Regression Models, International Journal of Forecasting*, vol. 8 (Canada: Wiley, 1991), [https://doi.org/10.1016/0169-2070\(92\)90081-j](https://doi.org/10.1016/0169-2070(92)90081-j). h.28

¹⁰¹ Bagas Yafitra Pandji, Indwiarti, and Aniq Atiqi Rohmawati, "Perbandingan Prediksi Harga Saham Dengan Model ARIMA Dan Artificial Neural Network," *Indonesian Journal on Computing (Indo-JC)* 4, no. 2 (2019): 189–98, <https://doi.org/10.21108/INDOJC.2019.4.2.344>.

z_t = Nilai variabel z pada waktu t

z_{t+k} = Nilai variabel z pada waktu $t + k$

\bar{z}_t = Nilai rata-rata dari variabel

r_k adalah koefisien autokorelasi *lag* k , dimana $k = 0, 1, 2, \dots, k$. Karena r_k merupakan fungsi atas k , maka keterkaitan koefisien autokorelasi dengan *lag*nya disebut dengan fungsi Autokorelasi dan dinotasikan ke dalam ρ_k .

Untuk sebuah proses stasioner $\{z_t\}$, didapat *mean* $E(z_t) = \mu$ dan *varians* $Var(z_t) = E(z_t - \mu)^2 = \sigma^2$ yang konstan, dan *covarian* $Cov(z_t, z_s)$ yang fungsinya hanya perbedaannya pada perbedaan waktu $|t - s|$. Oleh karena itu, dalam kasus ini dapat ditulis *covarian* antara z_t dan z_{t+k} sebagai berikut:

$$\gamma_k = Cov(z_t, z_{t+k}) = E(z_t - \mu)(z_{t+k} - \mu) \quad (2.2)$$

Dan korelasi antar keduanya (z_t dan z_{t+k}) adalah sebagai berikut:

$$\rho_k = \frac{Cov(z_t, z_{t+k})}{\sqrt{Var(z_t)}\sqrt{Var(z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (2.3)$$

Dimana notasi dari $Var(z_t) = Var(z_{t+k}) = \gamma_0$. sebagai fungsi dari k , γ_k disebut dengan fungsi autokovarian dan ρ_k disebut dengan fungsi autokorelasi (ACF). fungsi autokorelasi (ACF) adalah metode untuk mengukur dependensi dalam data deret waktu¹⁰². Data Dalam analisis *time-series*, γ_k dan ρ_k menampilkan kovarian dan korelasi antara z_t dan z_{t+k} dari proses yang sama, hanya dipisahkan oleh *lag* k ¹⁰³.

Autokorelasi parsial adalah korelasi antar deret pengamatan suatu deret waktu yang digunakan untuk mengetahui tingkat keeratan¹⁰⁴ antara z_t dan z_{t+k} dengan mengabaikan ketidakbebasan $z_{t+1}, z_{t+2}, \dots, z_{t+k-1}$. Fungsi PACF dapat dituliskan sebagai berikut:

$$z_t \text{ dan } z_{t+k} = Cov(z_t, z_{t+k} | z_{t+1}, \dots, z_{t+k-1}) \quad (2.4)$$

¹⁰² Achi Rinaldi et al., "Identification of Extreme Rainfall Pattern Using Extremogram in West Java," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 187, no. 1 (2018), <https://doi.org/10.1088/1755-1315/187/1/012064>.

¹⁰³ William W. S. Wei, "Time Series Analysis _ Univariate and Multivariate Methods" (Boston: Addison Wesley, 2005). H. 10

¹⁰⁴ Pandji, Indwiarti, and Rohmawati, "Perbandingan Prediksi Harga Saham Dengan Model ARIMA Dan Artificial Neural Network." h.191

Autokorelasi parsial z_t dan z_{t+k} dapat diturunkan dari model regresi linear, dengan variabel dependen z_{t+k} dan variabel independen $z_{t+k-1}, z_{t+k-2}, \dots, z_t$, yaitu:

$$\hat{z}_{t+k} = \alpha_1 z_{t+k-1} - \alpha_2 z_{t+k-2} - \dots - \alpha_{k-1} z_{t+1} + \alpha_{t+k} \quad (2.5)$$

Dengan α_i parameter regresi ke- i untuk $i = 1, 2, \dots, k$ dan α_{t+k} merupakan residu dengan rata-rata nol dan tidak berkorelasi dengan z_{t+k-j} untuk $j = 1, 2, \dots, k$ ¹⁰⁵.

H. Transformasi Box-Cox

Transformasi *Log* dan *Square Root* adalah anggota dari keluarga *Power Transformation* yang disebut dengan Transformasi Box-Cox¹⁰⁶. Transformasi ini digunakan untuk menstasionerkan data dalam varians. Bentuk umum dari transformasi Box-Cox ini adalah sebagai berikut:

$$Z'_t = \frac{z_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad (2.6)$$

Dimana λ adalah bilangan real dan disebut juga dengan Parameter Transformasi. Perhatikan bahwa z_t tidak boleh negatif. Jika beberapa nilai z_t negatif, kita menambahkan konstanta positif ke z_t sehingga semua nilai positif¹⁰⁷. Nilai λ akan didapat dalam Transformasi Box-Cox, lalu nilai tersebut digunakan dalam menentukan transformasi yang harus dilakukan nantinya.

I. Differencing

Differencing digunakan untuk menstasionerkan data yang berfluktuasi di sekitar rata-rata konstan. Terdapat 2 jenis *Differencing*, yaitu:

1. Differencing biasa

Ketika data tidak berada di sekitar rata-rata konstan, maka kita bisa memperoleh data baru yang memiliki rata-rata

¹⁰⁵ Wei, "Time Series Analysis _ Univariate and Multivariate Methods." h.14

¹⁰⁶ George EP Box and David R. Cox, "An Analysis of Transformations," *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 26, no. 2 (1964): 211–43.

¹⁰⁷ Pankratz, *Forecasting with Dynamic Regression Models*. h.29

konstan dengan cara *Differencing*. Artinya, kita akan menghitung secara berturut-turut perubahan pada data untuk semua t , dengan rumus:

$$w_t = z_t - z_{t-1} \quad (2.7)$$

Jika kita sudah melakukan Transformasi Box-Cox, kita menggunakan perbedaan pada z'_t , bukan z_t . Melakukan perhitungan ini dalam sekali, maka disebut *Differencing* Orde Pertama ($d = 1$). Jika data yang dihasilkan belum memiliki *mean* yang konstan, maka mesti dilakukan *Differencing* orde Kedua ($d = 2$) dengan cara menghitung *Differencing* orde kedua dari *Differencing* Orde Pertama untuk semua t . Artinya, mendefinisikan *Differencing* Orde Pertama dari z_t menjadi w_t^* . Maka, rumus untuk *Differencing* Orde Kedua ($d = 2$) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} w_t &= w_t^* - w_{t-1}^* \\ &= (z_t - z_{t-1}) - (z_{t-1} - z_{t-2}) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Misalkan, d menunjukkan tingkat perbedaan. Untuk perbedaan pertama $d = 1$. Untuk perbedaan kedua $d = 2$. Jika pada data asli tidak memiliki mean yang konstan, biasanya $d = 1$ akan membuat (*Differencing*) data baru dengan mean konstan. *Differencing* > 2 hampir tidak pernah dilakukan¹⁰⁸.

2. *Seasonal Differencing*

Pembedaan musiman menginduksi rata-rata konstan dalam rangkaian data yang bergeser secara musiman. Untuk melakukan perbedaan musiman, kita dapat menghitung perubahan berurutan antara pengamatan yang dipisahkan oleh periode waktu s , di mana s adalah jumlah musim. Sebuah seri dapat dibedakan secara non-musim saja, musiman saja, atau keduanya. Misal D menunjukkan derajat perbedaan musiman (berapa kali perbedaan musiman dilakukan). Jika $d = 0$, seri untuk perbedaan secara musiman ($D = 1$) dihitung untuk semua t sebagai berikut:

$$w_t = z_t - z_{t-s} \quad (2.9)$$

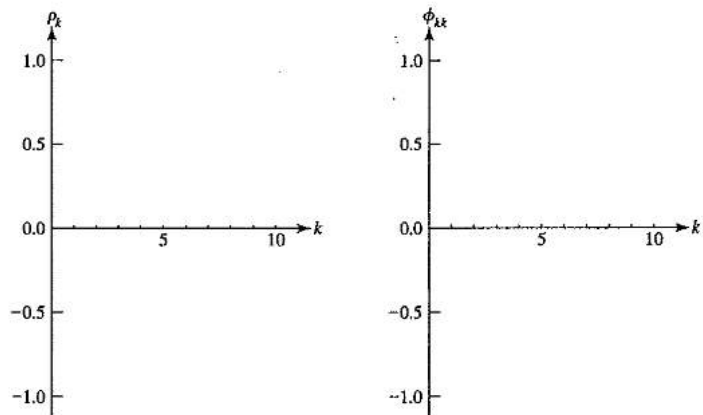
¹⁰⁸ Ibid. h.30

Jika transformasi Box-Cox sudah digunakan dalam menstasionerkan data dalam varian, maka perbedaan musiman diterapkan ke z'_t . Hampir selalu, penggunaan $D = 1$ menghilangkan semua pergeseran musiman yang besar pada level sebuah data. Jika perbedaan non-musiman dan musiman digunakan, salah satunya dapat dilakukan terlebih dahulu; hasilnya selalu sama¹⁰⁹.

J. Proses White Noise

White Noise adalah sebuah pengujian asumsi dengan cara melihat apakah ada korelasi pada deret residual. Sebuah proses $\{a_t\}$ disebut proses *White Noise* jika itu adalah urutan variabel acak yang tidak berkorelasi dari distribusi tetap dengan rata-rata konstan $E(a_t) = \mu_t$, biasanya diasumsikan sebagai 0, varian konstan $Var(a_t) = \sigma_a^2$ dan $\gamma_k = Cov(a_t, a_{t+k}) = 0$ untuk semua $k \neq 0$. Dari definisi, ini menyatakan bahwa Sebuah proses *White Noise* $\{a_t\}$ adalah stasioner dengan fungsi Autocovarian.

$$\gamma_k = \begin{cases} \sigma_a^2, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.10)$$



Gambar 2.10

ACF dan PACF dari sebuah proses White Noise: $z_t = \mu + a_t$

¹⁰⁹ Ibid. h.32

Fungsi Autokorelasi

$$\rho_k = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.11)$$

Fungsi Autokorelasi Parsial

$$\phi_{kk} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

Karena dari definisi $\rho_0 = \phi_{00} = 1$ untuk setiap proses, ketika membicarakan Fungsi Autokorelasi dan Fungsi Autokorelasi Parsial, kita merujuk hanya kepada ρ_k dan ϕ_{kk} untuk $k \neq 0$. Fenomena dasar dari proses white noise adalah ACF dan PACF identik dengan nol¹¹⁰.

Proses *White Noise* dapat menggunakan uji Ljung-Box. Pengujian asumsi residual tersebut dapat dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (Residual tidak berkorelasi/Bersifat White Noise)

$H_1: \exists \rho_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, k$ (Residual Berkorelasi/Tidak Bersifat White Noise)

Taraf Signifikansi $\alpha = 5\%$

Statistik Uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^k \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k}, n > k \quad (2.13)$$

Keterangan:

n : banyaknya data

k : Jumlah Lag maksimum

$\hat{\rho}_k$: Dugaan Autokorelasi Residual untuk lag ke- k

Kriteria pengujian yaitu jika $Q < X_{\alpha, df=k-p-q}^2$ (Taraf Signifikansi $\alpha = 5\%$) maka H_0 diterima yang berarti residual tersebut bersifat White Noise.

K. Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Sebuah publikasi yang berjudul *Time Series Analysis: Forecasting and Control* memunculkan sebuah cara baru dari sebuah metode peramalan yang di dalamnya diuraikan Metode

¹¹⁰ Wei, "Time Series Analysis _ Univariate and Multivariate Methods." h. 15-

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Metode ini merupakan metode yang dikembangkan oleh George E. P. Box and Gwilym M. Jenkins pada tahun 1976 sehingga metode ini disebut juga Metode Box-Jenkins. Sebelum menjadi ARIMA, ada metode AR (*Autoregressive*) yang terlebih dahulu diperkenalkan pertama kali oleh Yule pada tahun 1926, yang setelahnya dikembangkan oleh Walker. Metode MA (*Moving Average*) pertama kali digunakan pada tahun 1973 oleh Slutsky. Adapula Wold, sebagai orang pertama yang menghasilkan dasar-dasar teoritis dari proses kombinasi AR dan MA (*Autoregressive Moving Average*).

1. Model *Autoregressive* (AR)

Mode *Autoregressive* yang memiliki ordo p dan dinotasikan AR (p) model dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\tilde{z}_t = \phi_1 \tilde{z}_{t-1} + \phi_2 \tilde{z}_{t-2} + \dots + \phi_p \tilde{z}_{t-p} + a_t \quad (2.14)^{111}$$

Keterangan:

\tilde{z}_t = Nilai variabel pada waktu ke- t

ϕ_p = koefisien regresi, $p = 1, 2, 3, \dots, p$

\tilde{z}_{t-p} = Selisih nilai aktual

Independen variabel adalah deretan nilai masa lalu dari *time series* yang bersangkutan dalam beberapa periode terakhir t .

a_t = *White Noise*, nilai kesalahan pada saat t

Dimana, a_t *White Noise* pada persamaan (2.1) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \tilde{z}_t = \phi(B) \tilde{z}_t = a_t \quad (2.15)^{112}$$

Yang mana, $\phi(B)$ disebut dengan operator AR(p)

a. Proses *Autoregressive* Orde Pertama AR(1)

Orde pertama dari proses *Autoregressive* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tilde{z}_t &= \phi_1 \tilde{z}_{t-1} + a_t \\ &= a_t + \phi_1 a_{t-1} + \phi_1^2 a_{t-2} + \dots \end{aligned} \quad (2.16)$$

ϕ harus memenuhi kondisi $-1 < \phi < 1$ agar proses menjadi stasioner. Hubungan rekurensi penting untuk

¹¹¹ Box et al., *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. H. 52

¹¹² Ibid. h. 54

fungsi autokorelasi dari proses *autoregressive* stasioner ditemukan dengan mengalikannya di persamaan (2.1) dengan \tilde{z}_{t-k} , dengan $k \geq 0$, untuk memperoleh:

$$\begin{aligned} \tilde{z}_{t-k}\tilde{z}_t &= \phi_1\tilde{z}_{t-k}\tilde{z}_{t-1} + \phi_2\tilde{z}_{t-k}\tilde{z}_{t-2} + \dots + \\ &\quad \phi_p\tilde{z}_{t-k}\tilde{z}_{t-p} + \tilde{z}_{t-k}a_t \end{aligned} \quad (2.17)$$

Sekarang, saat mengambil nilai yang diharapkan, kita memperoleh persamaan yang berbeda.

$$\gamma_k = \phi_1\gamma_{k-1} + \phi_2\gamma_{k-2} + \dots + \phi_p\gamma_{k-p} \quad k > 0 \quad (2.18)$$

Perhatikan bahwa ekspektasi $E[\tilde{z}_{t-k}a_t]$ adalah 0 untuk $k > 0$, hanya bisa melibatkan kejadian tak terduga a_j sampai waktu $t - k$, yang tidak terikat dengan a_t . Dalam membagi seluruh persamaan (2.18) dengan γ_0 , kita melihat bahwa fungsi autokorelasi memenuhi bentuk yang sama dari persamaan yang berbeda.

$$\rho_k = \phi_1\rho_{k-1} + \phi_2\rho_{k-2} + \dots + \phi_p\rho_{k-p} \quad k > 0 \quad (2.19)$$

Perhatikan bahwa ini analog dengan persamaan perbedaan yang dipenuhi oleh proses \tilde{z}_t itu sendiri, tetapi tanpa input kejadian tak terduga secara acak a_t . Sekarang anggaplah persamaan ini ditulis sebagai:

$$\phi(B)\rho_k = 0 \quad (2.20)^{113}$$

Menggunakan persamaan (2.19), didapat fungsi autokorelasinya yaitu:

$$\rho_k = \phi_1\rho_{k-1}, k > 0 \quad (2.21)$$

Dimana, ketika $\rho_0 = 1$, memiliki solusi:

$$\rho_k = \rho_k = \phi_1^k, k \geq 0 \quad (2.22)$$

Untuk mendapatkan fungsi autocovarian, persamaan (2.16) dioperasikan seperti persamaan (2.17) hingga (2.18). seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned} \tilde{z}_t &= \phi_1\tilde{z}_{t-1} + a_t \\ \tilde{z}_{t-k}\tilde{z}_t &= \phi_1\tilde{z}_{t-k}\tilde{z}_{t-1} + \tilde{z}_{t-k}a_t \\ \gamma_k &= \phi_1\gamma_{k-1}, k > 0 \end{aligned} \quad (2.23)$$

b. Proses *Autoregressive* Orde Kedua AR(2)

¹¹³ Ibid. h.56

Orde kedua dari proses *Autoregressive* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\tilde{z}_t = \phi_1 \tilde{z}_{t-1} + \phi_2 \tilde{z}_{t-2} + a_t \quad (2.24)$$

Untuk stasioner, maka akar dari:

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 = 0 \quad (2.25)$$

Menggunakan persamaan (2.19), didapat fungsi autokorelasinya yaitu:

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2}, k > 0 \quad (2.26)^{114}$$

Untuk mendapatkan fungsi autocovarian, persamaan (2.24) dioperasikan seperti persamaan (2.17) hingga (2.18). seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned} \tilde{z}_t &= \phi_1 \tilde{z}_{t-1} + \phi_2 \tilde{z}_{t-2} + a_t \\ \tilde{z}_{t-k} \tilde{z}_t &= \phi_1 \tilde{z}_{t-k} \tilde{z}_{t-1} + \phi_2 \tilde{z}_{t-k} \tilde{z}_{t-2} + \tilde{z}_{t-k} a_t \\ \gamma_k &= \phi_1 \gamma_{k-1} + \phi_2 \gamma_{k-2}, k > 0 \end{aligned} \quad (2.27)$$

2. Model *Moving Average* (MA)

Mode *Moving Average* yang memiliki ordo q dan dinotasikan MA (q) model dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tilde{z}_t &= a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q \tilde{z}_{t-q} \\ \tilde{z}_t &= (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) a_t \\ \tilde{z}_t &= \theta(B) a_t \end{aligned} \quad (2.28)$$

Keterangan:

\tilde{z}_t = Nilai variabel pada waktu ke- t

θ_p = Koefisien regresi, $q = 1, 2, 3, \dots, q$

a_{t-q} = Selisih nilai aktual

a_t = *White Noise*, nilai kesalahan pada saat t

Fungsi autokovarian dari proses MA (q) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \gamma_k &= E[(a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q})(a_{t-k} - \theta_1 a_{t-k-1} \\ &\quad - \dots - \theta_q a_{t-k-q})] \\ \gamma_k &= -\theta_k E[a_{t-k}^2] + \theta_1 \theta_{k+1} E[a_{t-k-1}^2] + \dots + \\ &\quad \theta_{q-k} \theta_q E[a_{t-q}^2] \end{aligned} \quad (2.29)$$

Ketika a_t tidak berkorelasi, dan $\gamma_k = 0$ untuk $k > q$. Oleh karena itu, varians dari proses tersebut adalah:

¹¹⁴ Ibid. h.59-60

$$\gamma_0 = (1 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \dots + \theta_q^2) \sigma_t^2 \quad (2.30)$$

$$\gamma_0 = \sigma_t^2 \sum_{j=0}^q \theta_j^2 \quad (2.31)$$

Dengan cara yang sama, didapatkan juga nilai autocovarian pada lag k

$$\gamma_0 = \begin{cases} (-\theta_k + \theta_1\theta_{k+1} + \theta_2\theta_{k+2} + \dots + \theta_{q-k}\theta_q)\sigma_t^2, & k = 1, 2, \dots, q \\ 0, & k > q \end{cases} \quad (2.32)$$

Maka, fungsi autokorelasi adalah:

$$\rho_0 = \begin{cases} \frac{-\theta_k + \theta_1\theta_{k+1} + \theta_2\theta_{k+2} + \dots + \theta_{q-k}\theta_q}{1 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \dots + \theta_q^2}, & k = 1, 2, \dots, q \\ 0, & k > q \end{cases} \quad (2.33)$$

Kita melihat bahwa fungsi autokorelasi dari proses MA (q) adalah nol, di luar urutan q dari proses tersebut. Dengan kata lain, fungsi autokorelasi dari proses rata-rata bergerak memiliki *cutoff* setelah lag q ¹¹⁵.

a. Proses Moving Average Orde Pertama MA(1)

Model Moving Average paling sederhana yaitu MA(1) dengan nilai $q = 1$, yaitu:

$$\tilde{z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (2.34)$$

Atau

$$\tilde{z}_t = (1 - \theta_1 B)a_t \quad (2.35)$$

θ_1 harus terletak pada kisaran $1 < \theta_1 < -1$ agar prosesnya bisa *invertible*. Sangat mudah untuk melihat bahwa nilai fungsi autocovarian dari proses ini sama dengan:

$$\gamma_0 = (1 + \theta_1^2)\sigma_a^2 \quad (2.36)$$

Demikian pula, kita memperoleh nilai dari fungsi autokorelasi

$$\rho_k = \begin{cases} \frac{-\theta_1}{1 + \theta_1^2}, & k = 1 \\ 0, & k > 1 \end{cases} \quad (2.37)$$

¹¹⁵ Ibid. h. 69

Yang mana dicatat bahwa, ρ_1 harus memenuhi $|\rho_1| = \frac{|\theta_1|}{1+\theta_1^2} \leq \frac{1}{2}$, juga untuk $k = 1$ ditemukan bahwa:

$$\rho_1 + \theta_1^2 + \theta_1 + \rho_1 = 0 \quad (2.38)^{116}$$

dan autokorelasi *cut off* setelah *lag* 1.

b. Proses *Moving Average* Orde Kedua MA(2)

Proses rata-rata bergerak orde kedua ditentukan oleh:

$$\tilde{z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \quad (2.39)$$

Atau

$$\tilde{z}_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2) a_t \quad (2.40)$$

dan stasioner untuk semua nilai θ_1 dan θ_2 . Namun, dapat dibalik hanya jika akar dari persamaan karakteristik:

$$1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 = 0 \quad (2.41)$$

Fungsi autocovarian untuk ordo kedua MA(2) adalah:

$$\gamma_0 = (1 + \theta_1^2 + \theta_2^2) \sigma_a^2 \quad (2.42)$$

Dan menggunakan persamaan (2.20), didapat fungsi autokorelasinya

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \frac{-\theta_1(1 - \theta_2)}{1 + \theta_1^2 + \theta_2^2} \\ \rho_2 &= \frac{-\theta_2}{1 + \theta_1^2 + \theta_2^2} \\ \rho_k &= 0, k > 2 \end{aligned} \quad (2.43)^{117}$$

3. Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA)

Secara umum, sebuah model ARMA (p, q) memiliki bentuk:

$$\tilde{z}_t = \phi_1 \tilde{z}_{t-1} + \dots + \phi_p \tilde{z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q \tilde{z}_{t-q} \quad (2.44)$$

Keterangan:

\tilde{z}_t = Nilai variabel pada waktu ke- t

¹¹⁶ Ibid. h.70

¹¹⁷ Ibid. h. 71-72

$$\begin{aligned}
\phi_p &= \text{koefisien regresi, } p = 1, 2, 3, \dots, p \\
\tilde{z}_{t-p} &= \text{selisih nilai aktual} \\
\theta_p &= \text{koefisien regresi, } q = 1, 2, 3, \dots, q \\
a_{t-q} &= \text{selisih nilai aktual} \\
a_t &= \text{White Noise, nilai kesalahan pada saat } t \\
\text{Dengan kata lain,} \\
(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \tilde{z}_t \\
&= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t \tag{2.45}
\end{aligned}$$

Atau,

$$\phi(B) \tilde{z}_t = \theta(B) a_t \tag{2.46}$$

Di mana $\phi(B)$ dan $\theta(B)$ adalah operator polinomial dalam B derajat p dan q ¹¹⁸.

4. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Jika ada selisih pada *time-series* dan akan membuatnya menjadi stasioner kemudian mengaplikasikan model ARMA(p, q) pada *time-series* tersebut, maka dinyatakan *time-series* yang *original* adalah ARIMA(p, d, q), yakni sebuah *time-series* autoregresif terintegrasi dengan rata-rata bergerak. Di mana p menandakan jumlah dari autoregresif, d adalah jumlah dari *time-series* yang harus diselisihkan sebelum menjadi stasioner, dan q adalah jumlah dari rata-rata bergerak¹¹⁹.

Misal, z_t adalah sebuah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan ordo p, d, q atau bisa disebut juga ARIMA(p, d, q) jika $w_t = (1 - B)^d z_t$ dihasilkan akibat dari proses model ARMA(p, q) stasioner dengan d adalah bilangan bulat non-negatif.

Oleh karena itu, bentuk umum dari model ARIMA(p, d, q) dapat ditulis:

$$\varphi(B) \tilde{z}_t = \phi(B) (1 - B)^d \tilde{z}_t = \theta_0 + \theta(B) a_t \tag{2.33}^{120}$$

¹¹⁸ Ibid. h.76

¹¹⁹ Damodar N. Gujarati and Dawn J. Porter, *Dasar-Dasar Ekonometrika*, 5th Editio (Jakarta: Salemba Empat, 2013). H. 476

¹²⁰ Wei, "Time Series Analysis _ Univariate and Multivariate Methods." H. 72

Dimana,

$$\phi(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \quad (2.34)$$

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \quad (2.35)$$

Oleh karena, persamaan (2.33) dapat ditulis sebagai berikut:

$$(1 - B)^d (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \tilde{z}_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (2.36)$$

Jika $d = 0$, model ini merepresentasikan proses yang stasioner. Persyaratan stasioneritas dan invertibilitas berlaku secara independen, dan, secara umum, operator $\phi(B)$ dan $\theta(B)$ tidak akan memiliki ordo yang sama¹²¹. Oleh karena itu, Integrasi antara model AR dengan model MA dapat memfasilitasi pola data yang tidak teridentifikasi dari masing-masing model.



¹²¹ Box et al., *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. h. 94



DAFTAR PUSTAKA

- Armanto, Dhani, Marzunita, Saprudin H.N, Mustafa Dadang Sudarja, Ahmad Royan, Suryamah, Sri Wijayanti, Didit L., Iwan S., and Sarsih. *Bersahabat Dengan Ancaman : Buku Bantu Pendidikan Pengelolaan Bencana Untuk Anak Usia Sekolah Dasar*. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia, 2007.
- Awaludin, Adang. "Penentuan Waktu Berakhirnya Gempa Susulan Untuk Gempa Bumi Biak 16 Juni 2010." Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2011.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. "Gempabumi," 2020. <http://balai3.denpasar.bmkg.go.id/tentang-gempa>.
- BMKG. "Skala MMI (Modified Mercalli Intensity)." Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2016. <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>.
- Box, George E. P., Gwilym M. Jenkins, Gegory C. Reinsel, and Greta M. Ljung. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. 5th Editio. New Jersey: Wiley, 2015.
- Box, George EP, and David R. Cox. "An Analysis of Transformations." *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 26, no. 2 (1964): 211–43.
- Brockwell, Peter J., and Richard A. Davis. *Introduction to Time Series and Forecasting, Second Edition*. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 92. New York: Spinger-Verlag, 2002. <https://doi.org/10.2307/2965440>.
- Chang, Pei Chann, Yen Wen Wang, and Chen Hao Liu. "The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting." *Expert Systems with Applications* 32, no. 1 (2007): 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.11.021>.
- Daldiyono, Prof. Dr. dr. *How to Be a Real and Successful Student*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2009.
- Elfitri, Resi, Akhmad Suraji, and Abdul Hakam. "Kontribusi Kontraktor Terhadap Pengurangan Resiko Kegagalan Bangunan Akibat Gempa Di Kota Padang." *Jurnal Rekayasa Sipil* 12, no. 1 (2016): 49–58.

- ESDM. "Pengenalan Gempabumi." *Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral*, 2016.
- Fitrianingsih, Rina Dwi. "Peramalan Gempa Tektonik Di Jawa Dan Bali Menggunakan Model ARIMA." Universitas Sebelas Maret, 2009.
- Fulki, Ahmad. "Analisis Parameter Gempa, B Value Dan PGA Di Daerah Papua." *Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2011.
- Gujarati, Damodar N., and Dawn J. Porter. *Dasar-Dasar Ekonometrika*. 5th Editio. Jakarta: Salemba Empat, 2013.
- Hakimah, Maftahatul, Rani Rotul Muhima, and Anna Yustina. "Rancang Bangun Aplikasi Persediaan Barang Dengan Metode Trend Projection." *SimanteC* 5, no. 1 (2015): 37–48. <http://neobis.trunojoyo.ac.id/simantec/article/download/1023/899>.
- Hanke, John E., and Dean Wichern. *Business Forecasting: Pearson New International Edition*. Ninth Edit. Pearson Education Limited, 2014.
- Hartono. *Geografi: Jelajah Bumi Dan Alam Semesta*. Bandung: Citra Praya, 2007.
- Hartuti, Evi Rine. *Buku Pintar Gempa*. Yogyakarta: Diva Press, 2009.
- Hidayati, Deny. "Kesiapsiagaan Masyarakat: Paradigma Baru Pengelolaan Bencana Alam (Community Preparedness: New Paradigm in Natural Disaster Management)." *Jurnal Kependudukan Indonesia* 3, no. 1 (2008): 69–84. <https://doi.org/10.14203/JKI.V3I1.164>.
- Holden, K., D. A. Peel, and J. L. Thompson. *Economic Forecasting: An Introd Uction. The Statistician*. Vol. 42. Cambridge University Press, 1990. <https://doi.org/10.2307/2348126>.
- Ikhsan, Dito Muhammad, Agoes Soehardjono, and Achfas Zacoeb. "Pengaruh Letak Bukaian Pada Bangunan Rumah Dua Lantai Dalam Menahan Beban Gempa Di Kota Malang." *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil* 1, no. 2 (2018).
- Kamajaya. *Fisika Untuk Kelas XII Semester 1 Sekolah Menengah Atas*. Bandung: Grafindo Media Pratama, 2008.
- Laili, Ummiy Fauziyah. "Analisis Time Series Terhadap Indeks Harga

- Konsumen (IHK) Kabupaten Cilacap Dengan Autoregressive Integrated Moving Average Dalam Perspektif Islam.” *EL-Qist: Journal of Islamic Economic and Business (JIEB)* 02, no. 01 (2012): 185–213.
- Lestari, Sri Isfantin Puji, Meri Andriani, Achmad Daengs GS., Purwo Subekti, and Renny Kurniawati. *Peramalan Stok Spare Part Menggunakan Metode Least Square*. Lhokseumawe: Sefa Bumi Persada, 2019.
- Lubis, Ashar Muda, and Arif Ismul Hadi. “Analisis Kecepatan Gelombang Seismik Bawah Permukaan Di Daerah Yang Terkena Dampak Gempa Bumi 4 Juni 2000 (Studi Kasus : Kampus Universitas Bengkulu).” *Jurnal Gradien* 1, no. 2 (2005).
- Malau, Nya Daniaty, and Mester Sitepu. “Peramalan Terjadinya Gempa Bumi Tektonik Untuk Wilayah Pulau Nias Menggunakan Metode Distribusi Weibull Dan Eksponensial.” *Jurnal EduMatSains* 1, no. 1 (2016): 15–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.33541/edumatsains.v1i1.65>.
- Maryanto, Sukir. *Seismik Vulkanologi*. Malang: UB Press, 2016.
- Montgomery, Douglas C., Cheryl L. Jennings, and Murat Kulahci. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. 2nd Editio. New Jersey: Wiley, 2015.
- Murtianto, Hendro. “Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat Dan Sekitarnya.” *Jurnal Geografi Gea* 10, no. 1 (2010). <https://doi.org/10.17509/gea.v10i1.1667>.
- Noor, Djauhari. *Pengantar Geologi*. Yogyakarta: Deepublish, 2014.
- Nur, Arief Mustofa. “Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya.” *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian* 7, no. 1 (2010). <https://doi.org/10.15294/jg.v7i1.92>.
- Pahleviannur, Muhammad Rizal. “Edukasi Sadar Bencana Melalui Sosialisasi Kebencanaan Sebagai Upaya Peningkatan Pengetahuan Siswa Terhadap Mitigasi Bencana.” *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial* 29, no. 1 (2019): 49–55. <https://doi.org/10.23917/jpis.v29i1.8203>.
- Pandji, Bagas Yafitra, Indwiarti, and Aniq Atiqi Rohmawati. “Perbandingan Prediksi Harga Saham Dengan Model ARIMA Dan Artificial Neural Network.” *Indonesian Journal on Computing (Indo-JC)* 4, no. 2 (2019): 189–98.

<https://doi.org/10.21108/INDOJC.2019.4.2.344>.

- Pankratz, Alan. *Forecasting with Dynamic Regression Models. International Journal of Forecasting*. Vol. 8. Canada: Wiley, 1991. [https://doi.org/10.1016/0169-2070\(92\)90081-j](https://doi.org/10.1016/0169-2070(92)90081-j).
- Pasau, Guntur, and Adey Tanauma. "Pemodelan Sumber Gempa Di Wilayah Sulawesi Utara Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi." *Jurnal Ilmiah Sains* 11, no. 2 (2011). <https://doi.org/https://doi.org/10.35799/jis.11.2.2011.208>.
- Prasetya, Hery, and Fitri Lukiastruti. *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: Media Pressindo, 2009.
- Prasetyo, Agung, and Bukhori Bukhori. "Perbandingan Kebutuhan Tulangan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Terhadap Biaya Konstruksi Berdasarkan Pembebanan SNI 1726:2012 Serta SNI 1727:2013 Dengan Pembebanan Sebelumnya." *Logika : Jurnal Ilmiah Lemlit Unwagati Ciebon* 23, no. 1 (2019): 12.
- Prathivi, Rastri. "Optimasi Algoritme Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Data Gempa Bumi Di Indonesia Berdasarkan Hiposentrum." *Telematika* 13, no. 1 (2020): 36–43. <https://doi.org/10.35671/telematika.v13i1.928>.
- Press, Gajah Mada University. *Penaksiran Multirisiko Bencana Di Wilayah Kepesisiran Parangtritis: Suatu Analisis Serbacakup Untuk Membangun Kepedulian Masyarakat Terhadap Berbagai Kejadian Bencana*. Edited by Sunarto, Muh Aris Marfai, and Djati Mardiatno. Yogyakarta: UGM Press, 2008.
- Purba, Agustinawati. "Perancangan Aplikasi Peramalan Jumlah Calon Mahasiswa Baru Yang Mendaftar Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing (Studi Kasus: Fakultas Agama Islam UISU)." *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)* 2, no. 6 (2015): 8–12.
- Putri, Gusti Ayu Made Arna, Ni Putu Nanik Hendrayanti, and Maulida Nurhidayati. "Pemodelan Data Deret Waktu Dengan Autoregressive Integrated Moving Average Dan Logistic Smoothing Transition Autoregressive." *Jurnal Varian* 1, no. 1 (2017): 54–63.
- Rahayu, Teguh, Marzuki Sinambela, Margono Margono, Albertus Tua Simanullang, and Ayun Ria Ainun. *Wajah Tektonik Sumatera Bagian Utara*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2020.

- Rinaldi, Achi, Anik Djuraidah, Aji Hamim Wigena, I. Wayan Mangku, and Dodo Gunawan. "Identification of Extreme Rainfall Pattern Using Extremogram in West Java." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 187, no. 1 (2018). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/187/1/012064>.
- Rizal, Jose, Sigit Nugroho, Adi Irwanto, and Debora. "Analisis Kejadian Gempa Bumi Tektonik Di Wilayah Pulau Sumatera." *Jurnal Matematika* 6, no. 1 (2016).
- Ruhiat, Dadang, and Cecep Suwanda. "Peramalan Data Deret Waktu Berpola Musiman Menggunakan Metode Regresi Spektral (Studi Kasus : Debit Sungai Citarum-Nanjung)." *TEOREMA : Teori Dan Riset Matematika* 4, no. 1 (2019): 1–12. <https://doi.org/10.25157/teorema.v4i1.1887>.
- Ruwanto, Bambang, and Bambang Shakuntala. *Mengenal Bencana Alam : Gempa Bumi*. 1st ed. Yogyakarta: Kanisius, 2008.
- Sadewo, Erie. "Perbandingan Beberapa Metode Time Series Pada Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan MANCANEGARA: Studi Kasus Di Kabupaten Karimun, Provinsi Kepulauan Riau," no. December (2016). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26922.62403>.
- Sadewo, Mhd Gading, Agus Perdana Windarto, and Anjar Wanto. "Penerapan Algoritma Clustering Dalam Mengelompokkan Banyaknya Desa/Kelurahan Menurut Upaya Antisipasi/ Mitigasi Bencana Alam Menurut Provinsi Dengan K-Means." *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)* 2, no. 1 (2018): 311–19. <https://doi.org/10.30865/komik.v2i1.943>.
- Samadi. *Geografi 1 SMA Kelas X*. Bogor: Quadra, 2007.
- Saputra, Elvis, Lalu Makrup, Fitri Nugraheni, and Widodo Pawirodikromo. "Analisis Percepatan Tanah Permukaan Di Wilayah Riau Dengan Metode Psha." *Teknisia* 25, no. 1 (2020): 42–49. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol25.iss1.art5>.
- Saputra, Eri, Samsul Bahri, Cut Azmah Fithri, and Abdul Kadir. "The Use Of Box-Jenskin Method (ARIMA) To Predict Earthquakes Regarding Aceh Regional Planning." *International Conference on Multidisciplinary Engineering (ICoMdeN)*, 2018.
- Sili, Petrus Demon. *Penentuan Seismisitas Dan Tingkat Risiko Gempa Bumi*. Malang: UB Press, 2003.

- Spiegel, Murray R., and Larry J. Stephens. *Schaum's Outlines Teori Dan Soal-Soal Statistik*. Jakarta: Erlangga, 2007.
- Steele, Phillip, Neil Morris, and Nicola Barber. *Planet Yang Bergolak*. Jakarta: Erlangga, 2008.
- Sukandarrumidi. *Bencana Alam Dan Bencana Anthropogene: Petunjuk Praktis Untuk Menyelamatkan Diri Dan Lingkungan*. Yogyakarta: Kanisius, 2010.
- Sunarjo, M. Taufik Gunawan, and Sugeng Pribadi. *Gempabumi Edisi Populer*. II. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012.
- Supriyadi, Bambang, and Priyo Sulistyono. "Beberapa Hal Yang Perlu Dipertimbangkan Pada Perencanaan Bangunan Konstruksi Baja Akibat Pengaruh Gempa." *Media Teknik* VI, no. 1 (1983): 22.
- Susilawati. "Karya Ilmiah: Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa Pada Penelaahan Struktur Bagian Dalam Bumi." *Universitas Sumatera Utara (USU)*, 2008. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2015.2407879>.
- Suwaryo, Putra Agina Widyaswara, and Podo Yuwono. "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Pengetahuan Masyarakat Dalam Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor." *Urecol 6th*, 2017, 305–14.
- Ukhra, Annisa Ul. "Pemodelan Dan Peramalan Data Deret Waktu Dengan Metode Seasonal ARIMA." *Jurnal Matematika UNAND* 3, no. 3 (2014): 59–67. <https://doi.org/10.25077/jmu.3.3.59-67.2014>.
- Wahyuni, Ayusari, Nurul Fitriah Ahmad, Nurhidayanti, Sri Astuti, and Indah. "Analisis Besar Kecepatan Gelombang Primer Pada Stasiun Bmkg Wilayah IV Makassar." *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya* 4, no. 2 (2017): 169–73.
- Wegener, Alfred. *The Origin of Continents and Oceans*. Courier Corporation, 1966.
- Wei, William W. S. "Time Series Analysis _ Univariate and Multivariate Methods." Boston: Addison Wesley, 2005.
- Yuniastari, Ni Luh Ayu Kartika, and IGP Wirarama Wedashwara Wirawan. "Peramalan Permintaan Produk Perak Menggunakan Metode Simple Moving Average Dan Single Exponential

Smoothing.” *Sistem Dan Informatika STIKOM Bali* 9, no. 1 (2016): 97–106.

