



TUGAS AKHIR - KM184801

**PENGHITUNGAN VALUE AT RISK KERUGIAN
KORBAN JIWA AKIBAT BENCANA GEMPA BUMI
DENGAN PENDEKATAN BAYESIAN**

KHOIRUNISA SAVIRA OKTAVIANA

NRP. 06111540000108

Dosen Pembimbing:

Endah R.M. Putri, S.Si, M.T, Ph.D

Dra. Laksmi Prita Wardhani, M.Si

DEPARTEMEN MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Analitika Data

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - KM184801

**VALUE AT RISK VALUATION OF EARTHQUAKE
CASUALTY USING BAYESIAN APPROACH**

KHOIRUNISA SAVIRA OKTAVIANA

NRP. 06111540000108

Supervisors:

Endah R.M. Putri, S.Si, M.T, Ph.D

Dra. Laksmi Prita Wardhani, M.Si

DEPARTMENT OF MATHEMATICS

Faculty of Science And Data Analytics

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PENGHITUNGAN *VALUE AT RISK* KERUGIAN KORBAN JIWA AKIBAT BENCANA GEMPA BUMI DENGAN PENDEKATAN BAYESIAN

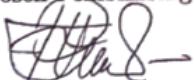
VALUE AT RISK VALUATION OF EARTHQUAKE CASUALTY USING BAYESIAN APPROACH

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Bidang Studi Matematika Terapan
Program Studi S-1 Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh
KHOIRUNISA SAVIRA OKTAVIANA
NRP. 06111540000108

Surabaya, 18 Agustus 2020
Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

Dra.  Vaksmita Prita W, M.Si
NIP. 19611208 198803 2 001

Dosen Pembimbing I,

 Endah R.M Putri, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 19761213 200212 2 001



Halaman ini sengaja dikosongkan

PENGHITUNGAN VALUE AT RISK KERUGIAN KORBAN JIWA AKIBAT BENCANA GEMPA BUMI DENGAN PENDEKATAN BAYESIAN

Nama	:	Khoirunisa Savira Oktaviana
NRP	:	06111540000108
Departemen	:	Matematika FSAD ITS
Pembimbing	:	Endah R.M. Putri, S.Si, M.T, Ph.D Dra. Laksmi Prita Wardhani, M.Si

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat kerawanan bencana yang sangat tinggi. Gempa bumi merupakan salah satu bencana yang menyebabkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda. Pemerintah turut andil untuk memulihkan dampak yang ditimbulkan sehingga pemerintah harus mengambil langkah preventif untuk mengatasi kerugian yang diakibatkan oleh gempa bumi. Salah satunya yaitu dengan menentukan ukuran risiko untuk lebih meminimalisir dampak akibat gempa bumi tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran risiko yang ditimbulkan menggunakan *Value at Risk* dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi di Indonesia pada tahun 1952 sampai dengan 2019. Analisis data ekstrem menggunakan *Extreme Value Theory* dengan *Peaks Over Threshold* yang mengikuti *Generalized Pareto Distribution* untuk mengidentifikasi nilai *threshold* pada data ekstrem. Estimasi parameter pada *Mixture Model* diperoleh dengan melakukan estimasi Bayesian yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan model *Value at Risk*. Hasil yang diperoleh dari simulasi *Value at Risk* menggunakan Monte Carlo menunjukkan bahwa didapatkan nilai *Value at risk* yang berarti kerugian yang diperoleh berdasarkan data kerugian gempa bumi di Indonesia pada tahun 1952 sampai dengan 2019.

Kata Kunci : Estimasi Bayesian, Gempa Bumi, *Generalized Pareto Distribution*, *Mixture Model*, Monte Carlo, *Value at Risk*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

VALUE AT RISK VALUATION OF EARTHQUAKE CASUALTY USING BAYESIAN APPROACH

Name	:	Khoirunisa Savira Oktaviana
NRP	:	06111540000108
Department	:	Matematika FSAD ITS
Supervisors	:	Endah R.M. Putri, S.Si, M.T, Ph.D Dra. Laksmi Prita Wardhani, M.Si

Abstract

Indonesia is a country that has a very high level of disaster vulnerability. An earthquake is one of the disasters that causes casualties, environmental damage, and property losses. The government has played a part in repairing the impact so that the government must take preventive steps to overcome the losses caused by the earthquake. One of them is by determining risk measures to further minimize the impact of the earthquake. This research was conducted to see the risk measurement using Value at Risk from data on casualties due to earthquakes in Indonesia from 1952 to 2019. Extreme data analysis used Extreme Value Theory with Peaks Over Threshold which follows Generalized Pareto Distribution to identify the threshold value in extreme data. The parameter estimation in the Mixture Model is obtained by performing Bayesian which is then used to obtain the Value at Risk model. The results obtained from the Value at Risk simulation using Monte Carlo show that the Value at risk value is obtained, which means the losses obtained are based on earthquake loss data in Indonesia from 1952 to 2019.

Kata Kunci : *Bayesian Estimation, Earthquake, Generalized Pareto Distribution, Mixture Model, Monte Carlo, Value at Risk.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia, sehingga penulis telah berhasil menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul "**PENGHITUNGAN VALUE AT RISK KERUGIAN KORBAN JIWA AKIBAT BENCANA GEMPA BUMI DENGAN PENDEKATAN BAYESIAN**"

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Sains dari Departemen Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari doa, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Drs. Susanto Budiono, M.Si dan Ibu Dra. Iriany dan kedua kakak saya yang selalu memberikan semangat, kasih sayang, kesabaran, dan doa kepada penulis demi kelancaran Tugas Akhir ini.
2. Bapak Subchan, Ph.D selaku Kepala Departemen Matematika ITS yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama perkuliahan hingga terselesaiannya Tugas Akhir ini.
3. Ibu Endah R.M. Putri, S.Si, M.T, Ph.D dan Ibu Dra. Laksmi Prita Wardhani, M.Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktunya guna memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, dan motivasinya kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. A. Salman Sairafi yang selalu sabar, serta memberikan semangat, motivasi, dan menemani penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman se-perjuangan penulis yaitu Hikmatul Ayu yang selalu sabar dan memberi semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Mentor penulis yaitu Venansius Ryan dan Marina Nadya yang memberikan semangat, motivasi, dan membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, yang telah memberikan saran, dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sangat dalam, atas doa dan semangat yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun juga sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, 18 Agustus 2020

Khoirunisa Savira Oktaviana

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
ABSTRAK	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvii
1 BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir	5
2 BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Sebelumnya	7
2.2 Bencana	8
2.3 Gempa Bumi	9
2.4 <i>Extreme Value Theory</i> (EVT)	10
2.4.1 Metode <i>Peaks Over Threshold</i>	11

2.4.2	<i>Generalized Pareto Distribution</i>	12
2.5	Distribusi Lognormal	13
2.6	<i>Mixture Model</i>	14
2.7	Estimasi Bayesian	15
2.8	<i>Value at Risk</i>	17
2.9	Simulasi Monte Carlo	17
3	BAB III	
	METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1	Tahapan Penelitian	19
3.2	Skema Metode Penelitian	22
4	BAB IV	
	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Pengumpulan dan Pengolahan Data	23
4.2	Identifikasi Nilai Ekstrem	24
4.3	Mendapatkan Nilai <i>Threshold</i>	26
4.4	Uji Kesesuaian Pola Distribusi	26
4.5	Estimasi Parameter Bayesian	28
4.6	Mendapatkan Model <i>Value at Risk</i>	30
4.7	Simulasi <i>Value at Risk</i>	30
5	BAB V	
	PENUTUP	35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran	36
	DAFTAR PUSTAKA	37
	LAMPIRAN	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gambar Ilustrasi Metode <i>Peaks Over Threshold</i>	12
Gambar 2.2 Gambar Ilustrasi Fungsi Distribusi Kerugian Korban Jiwa Akibat Bencana Gempa Bumi	14
Gambar 4.1 Histogram Data Kerugian Akibat Korban Jiwa	24
Gambar 4.2 <i>Normality Test</i> Data Kerugian Akibat Korban Jiwa	25
Gambar 4.3 <i>Scatterplot</i> Data Kerugian Akibat Korban Jiwa	25
Gambar 4.4 Uji Distribusi Data $x \geq u$	27
Gambar 4.5 Uji Distribusi Data $x < u$	27
Gambar 4.6 <i>Value at Risk</i> data yang kurang dari u (<i>threshold</i>)	31
Gambar 4.7 <i>Value at Risk</i> data yang lebih besar atau sama dengan u (<i>threshold</i>)	32

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Halaman

- Tabel 4.1 Hasil Simulasi *Value at Risk* dari $x < u$. . . 31
Tabel 4.2 Hasil Simulasi *Value at Risk* dari $x \geq u$. . . 33

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SIMBOL

k	10% banyaknya data
N	Banyaknya data
$F(x)$	Fungsi Distribusi Kumulatif dari Distribusi Generalized Pareto
$f(x)$	Fungsi Kepadatan Peluang dari Distribusi Generalized Pareto
$F_Y(y)$	Fungsi Distribusi Kumulatif Kelebihan Bersyarat
$F_{LN}(x)$	Fungsi Distribusi Kumulatif dari Distribusi Lognormal
$f_{LN}(x)$	Fungsi Kepadatan Peluang dari Distribusi Lognormal
u	<i>Threshold</i>
$F(x \theta_1, \theta_2, u)$	Fungsi Distribusi Kumulatif <i>Mixture Model</i>
$H(\cdot \theta_1)$	<i>Central Part</i>
$G(\cdot \theta_2)$	<i>Tail Part</i>
$L(\theta; x)$	Fungsi <i>Likelihood</i>
$f(\theta)$	Distribusi <i>Prior</i>
$f(\theta x)$	Distribusi Posterior
p	Tingkat Kepercayaan
μ	Parameter lokasi dari distribusi Lognormal
σ_L	Parameter skala dari distribusi Lognormal
σ_g	Parameter skala dari distribusi Generalized Pareto
ξ	Parameter bentuk dari distribusi Generalized Pareto

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian ini dijelaskan mengenai latar belakang dari permasalahan yang dibahas pada Tugas Akhir ini, rumusan masalah yang muncul akibat latar belakang, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan yang diuraikan pada bagian akhir bab ini.

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat kerawanan yang tinggi akan bencana. Indonesia menduduki peringkat pertama dalam paparan terhadap penduduk atau jumlah manusia yang menjadi korban akibat bencana [1]. Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non-alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis [2].

Secara geografis, Indonesia terletak pada pertemuan tiga Lempeng utama yaitu, lempeng Hindia di sebelah selatan, Lempeng Eurasia di utara, dan Lempeng Pasifik di Timur. Indonesia juga termasuk bagian dari lintasan *The Pasific Ring of Fire* (cincin api pasifik) yaitu suatu lintasan dimana terdapat deretan gunung api. Deretan gunung api ini sangat erat hubungannya dengan daerah pertemuan dari dua lempeng yang saling menekan sehingga tidak mengherankan jika kepulauan Indonesia disebut negara yang rawan akan bencana alam [3].

Keaktifan gempa bumi di Indonesia sangat tinggi, rata-rata setiap bulannya tercatat 400 kali. Pada periode 1991 sampai dengan 2007 tercatat sampai 24 kali gempa bumi besar, salah satu diantaranya adalah kejadian gempa bumi Aceh 26 Desember 2004 dengan kekuatan 9.3 SR. Gempa bumi ini diikuti oleh tsunami besar yang menimbulkan korban ratusan ribu jiwa dan menim-

bulkan kerugian harta benda trilyunan rupiah. Dalam UU No. 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana dan PP No. 21 tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, jelas mencantumkan bahwa penyelenggaraan dan penanggulangan bencana merupakan tanggung jawab dan wewenang pemerintah pusat dan pemerintah daerah serta penanggulangan bencana dilakukan pada saat pra bencana, saat bencana, dan pasca bencana. Pemerintah memiliki tanggungjawab untuk memulihkan kondisi dari dampak bencana dan tahap ini dilakukan dalam tahap pasca bencana atau periode setelah tanggap darurat. Jika semakin besar kekuatan gempa bumi yang terjadi maka akan mengakibatkan banyaknya korban jiwa. Sehingga saat pasca bencana atau periode setelah tanggap darurat, pemerintah mengeluarkan bantuan ganti rugi atau santunan bagi keluarga yang ditinggalkan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Berdasarkan hal tersebut maka perlu untuk mengetahui risiko kerugian akibat bencana gempa bumi sehingga ganti rugi atau santunan yang dibagikan oleh pemerintah bisa teralokasi dengan baik dan dapat membantu memulihkan kondisi yang terdampak bencana gempa bumi.

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung risiko kerugian suatu kejadian adalah *Value at Risk*. Pada tahun 2012, penelitian tentang metode *Value at Risk* sudah dilakukan oleh Yunxian Li dkk. Penelitian tersebut membahas mengenai analisis risiko kerugian akibat bencana gempa bumi dengan menggunakan Pendekatan Bayesian. *Value at Risk* merupakan suatu metode pengukuran risiko secara statistik yang memperkirakan kerugian yang mungkin terjadi pada tingkat kepercayaan tertentu. Pendekatan Bayesian digunakan untuk memperkirakan parameter yang tidak diketahui dan ambang batas dari model risiko gempa bumi. Perkiraan parameter dari pendekatan Bayesian menggunakan metode *Marcov Chain Monte Carlo* atau MCMC [5]. Pada tahun 2011, Pradhan dan Kundu melakukan penelitian dengan menduga parameter distribusi Gamma dengan membandingkan estimasi Bayesian dengan metode momen[6]. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan

bahwa parameter yang dihasilkan dari estimasi Bayesian lebih baik daripada parameter yang dihasilkan dari metode momen. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Nurlaili dkk tahun 2013 dengan melakukan perbandingan antara estimasi bayesian dengan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) pada data ketahanan hidup[7]. Penelitian tersebut menghasilkan estimasi bayesian lebih efektif dibandingkan dengan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE).

Kemudian pada tahun 2017, penelitian tentang *Value at Risk* juga dilakukan dengan menggunakan metode Historis dan metode Monte Carlo menggunakan data saham sub sektor rokok[8]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Monte Carlo memberikan nilai *Value at Risk* yang lebih besar dibandingkan dengan metode Historis. Berdasarkan penjabaran yang telah dijelaskan, maka Tugas Akhir ini melakukan penghitungan *Value at Risk* dengan menggunakan data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi di Indonesia pada tahun 1952 sampai dengan 2019. Estimasi parameter yang dilakukan menggunakan pendekatan Bayesian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka terdapat beberapa rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penulisan Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana mendapatkan model *Value at Risk* dari data kerugian korban jiwa kejadian bencana gempa bumi di Indonesia dalam rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019?
2. Bagaimana analisis hasil simulasi penghitungan *Value at Risk* pada kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi dengan Pendekatan Bayesian menggunakan simulasi Monte Carlo?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan Tugas Akhir ini tetap terfokus pada latar belakang yang telah dijabarkan, maka penulisan Tugas Akhir ini diberi batasan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder, yakni data korban jiwa kejadian bencana gempa bumi dari website dibi.bnppb.go.id milik BNPPB dalam rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019.
2. Data bencana gempa bumi di Indonesia yang digunakan di-
asumsikan tidak dibedakan antara gempa bumi vulkanik,
gempa bumi tektonik, gempa bumi runtuhan, gempa bumi
jatuhan meteor, dan gempa bumi buatan manusia.
3. Data bencana gempa bumi yang digunakan dari website dibi.bnppb.go.id meliputi data gempa bumi serta data gempa bumi dan tsunami.
4. Kerugian yang digunakan hanya kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi.
5. Ganti rugi/santunan yang diberikan pemerintah untuk keluarga korban jiwa akibat bencana gempa bumi mengikuti Kementerian Sosial Republik Indonesia tentang Kesiapsiagaan Dan Tanggap Darurat Bencana Iklim 2018 yaitu sejumlah Rp. 15.000.000,00 yang disesuaikan dengan kurs rupiah pada tahun kejadian.
6. Parameter μ, σ_L^2 , dan σ_g didapatkan dari data yaitu μ sebesar 17,405, σ_L^2 sebesar 2,525, dan σ_g sebesar $3,1195 \times 10^9$.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan model *Value at Risk* dari data kerugian korban jiwa kejadian bencana gempa bumi di Indonesia dalam rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019.
2. Mendapatkan analisis hasil penghitungan *Value at Risk* pada kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi dengan Pendekatan Bayesian menggunakan simulasi Monte Carlo.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat pada Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai cara mendapatkan model dan simulasi *Value at Risk* untuk mengetahui kerugian yang diperoleh agar pemerintah bisa lebih tepat lagi dalam mengalokasikan dana santunan/kerugian.
2. Memberikan kajian berupa analisis dan simulasi hasil *Value at Risk* dengan menggunakan simulasi Monte Carlo.

1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Sistematika penulisan didalam Tugas Akhir ini akan dibagi beberapa tahap yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab I ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah dan batasan masalah yang dihadapi dalam penelitian Tugas Akhir ini, serta tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab II ini diuraikan tentang dasar-dasar teori yang terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir ini, diantaranya adalah Penelitian Terdahulu, Bencana, Gempa Bumi, *Extreme Value Theory* (EVT), *Peaks Over Threshold* (POT), *Generalized Pareto Dis-*

tribution, Distribusi Lognormal, Mixture Model, Estimasi Bayesian, Value at Risk (VaR), dan Simulasi Monte Carlo.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab III ini dijelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dan metode yang digunakan dalam penggerjaan Tugas Akhir ini. Tahapan yang dilakukan yaitu, studi literatur, pengumpulan dan pengolahan data, mengidentifikasi nilai ekstrem dengan membuat histogram, *normality test, scatterplot* dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi di Indonesia rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019. Setelah diketahui adanya indikasi nilai ekstrem pada data, langkah selanjutnya mencari data ekstrem dengan metode POT, melakukan uji kesesuaian distribusi, melakukan estimasi bayesian, dan penghitungan besar risiko kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi di Indonesia dengan metode VaR. Langkah terakhir dalam penggerjaan Tugas Akhir ini adalah analisis hasil dan pembahasan serta penarikan kesimpulan.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada Bab IV ini akan dibahas secara detail mengenai pengumpulan dan pengolahan data, serta disajikan pula estimasi Bayesian, mendapatkan model VaR, penghitungan besar risiko kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi di Indonesia serta penjelasan mengenai hasil analisis yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Pada Bab V ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang diperoleh berdasarkan pembahasan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai kajian teori dari referensi penunjang serta penjelasan permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini, meliputi penelitian sebelumnya terkait Tugas Akhir, bencana, gempa bumi, *Extreme Value Theory* (EVT), estimasi parameter Bayesian, *Mixture Model*, *Value at Risk* (VaR), dan simulasi Monte Carlo.

2.1 Penelitian Sebelumnya

Yuxian Li, dkk, pada tahun 2016 melakukan penelitian dengan judul *Bayesian Approaches for Analyzing Earthquake Catastrophic Risk*. Penelitian tersebut menggunakan data dari *China Earthquake Yearbook* tahun 2008 sampai dengan 2014, data tersebut mencakup kejadian bencana gempa bumi, korban akibat bencana gempa bumi, dan kerugian dalam jumlah uang. Hasil penelitiannya menghasilkan empat model campuran sebagai model kerugian bencana gempa bumi. Ukuran risiko gempa yang digunakan dalam penelitian tersebut salah satunya menggunakan *Value at Risk*. *Value at Risk* merupakan suatu metode pengukuran risiko secara statistik yang memperkirakan kerugian yang mungkin terjadi pada tingkat kepercayaan tertentu. Pendekatan Bayesian digunakan untuk memperkirakan parameter yang tidak diketahui dan ambang batas dari model risiko gempa bumi. Perkiraan parameter dari pendekatan bayesian menggunakan metode *Markov Chain Monte Carlo* atau MCMC [5].

Achmad Dimas Adrianto, dkk, pada tahun 2017 melakukan penelitian mengenai analisis *Value at Risk* dengan Metode Historis, Metode Monte Carlo dalam saham sub sektor rokok. Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa metode Monte Carlo memberikan hasil yang lebih besar dibandingkan metode Historis. Metode Monte Carlo adalah metode yang paling efisien untuk menghitung *Value at Risk*, karena melakukan iterasi yang berulang-ulang dengan mengikutsertakan pembangkitan bilangan acak dan banyak men-

campurkan data sehingga sampel data menjadi lebih banyak yang membuat perhitungan semakin besar [8].

Selanjutnya pada tahun 2019, Evika Rachma Yuniasari telah melakukan penelitian dengan judul Pemodelan Probabilitas Gempa Bumi Menggunakan Teori Nilai Ekstrem. Penelitian tersebut menggunakan teori nilai ekstrem yaitu penerapan metode *Block Maxima* dengan sebaran *Generalized Extreme Value* menggunakan data magnitudo gempa bumi bulan Januari 2009 sampai dengan bulan Desember 2018. Hasil dari penelitiannya mendapatkan model risiko gempa yang menerapkan teori nilai ekstrem yang kemudian digunakan untuk menentukan probabilitas gempa bumi [9].

2.2 Bencana

Definisi bencana menurut beberapa sumber adalah sebagai berikut :

1. Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 yang dimaksud dengan bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan menganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non-alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis [2].
2. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, bencana mempunyai arti sesuatu yang menyebabkan atau menimbulkan kesusahan, kerugian, atau penderitaan.

Berdasarkan penyebab terjadinya bencana, bencana dibedakan menjadi tiga bencana yaitu bencana alam, bencana non-alam, dan bencana sosial.

1. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam

antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.

2. Bencana non-alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa non-alam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.
3. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antar kelompok atau antar komunitas masyarakat dan teror.

2.3 Gempa Bumi

Gempa bumi atau *earthquake* adalah peristiwa bergetar atau berguncangnya bumi karena pergerakan/pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Pergerakan tiba-tiba dari lapisan batuan di dalam bumi menghasilkan energi yang dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempabumi atau seismik [10]. Gelombang ini ketika mencapai permukaan bumi dapat merusak segala sesuatu seperti infrastruktur, bangunan, dan lainnya sehingga dapat korban jiwa dan kerugian harta benda.

Gempa bumi dapat terjadi kapan saja dan di mana saja, tetapi gempa bumi cenderung terjadi di bagian tertentu saja di lapisan kulit bumi. Berdasarkan penyebabnya gempa bumi dalam dikelompokkan menjadi beberapa macam diantaranya: tektonik, vulkanik, runtuhan, jatuhnya meteor, dan buatan manusia. Gempa bumi tektonik adalah gempa bumi yang dikakibatkan oleh pelepasan energi elastis yang terkandung dalam lempeng tektonik. Gempa bumi vulkanik adalah gempa yang diakibatkan oleh aktivitas gunung api. Gempa bumi runtuhan adalah gempa bumi yang disebabkan oleh runtuhan suatu gua. Sedangkan gempa bumi jatuhnya meteor adalah gempa bumi yang diakibatkan oleh kejatuhnya meteor atau

benda langit. Kekuatan gempa bumi atau magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa bumi yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempa bumi terjadi dan hasil pengamatan seismograf. Berdasarkan kekuatannya atau magnitudo (M) berskala Richter (SR) dapat dibedakan atas [10].

- a. Gempa bumi sangat besar dengan Magnitudo > 8 SR.
- b. Gempa bumi besar dengan Magnitudo 7-8 SR.
- c. Gempa bumi merusak dengan Magnitudo 5-6 SR.
- d. Gempa bumi sedang dengan Magnitudo 4-5 SR.
- e. Gempa bumi kecil dengan Magnitudo 3-4 SR.
- f. Gempa bumi mikro dengan Magnitudo 1-3 SR.
- g. Gempa bumi ultra mikro dengan Magnitudo < 1 SR.

2.4 *Extreme Value Theory (EVT)*

Extreme Value Theory (EVT) atau biasa disebut dengan teori nilai ekstrem. EVT adalah metode untuk menganalisis kejadian ekstrem. Kejadian ekstrem adalah kejadian yang bersifat jarang terjadi dan apabila terjadi dapat menimbulkan suatu nilai dampak kerugian yang sangat besar [11].

Terdapat dua metode yang umum digunakan untuk mengidentifikasi nilai ekstrem dalam data yaitu menggunakan metode *Peaks Over Threshold* (POT) dan metode *Block Maxima* (BM). Mengambil nilai-nilai melewati suatu nilai *threshold* (u) disebut metode *Peaks Over Threshold* (POT), sedangkan membagi data ke dalam ukuran blok yang sama periode tertentu seperti tahunan atau bulanan lalu mengambil nilai maksimum dari tiap blok disebut metode *Block Maxima* (BM) [12]. Metode *Peaks Over Threshold* mengacu pada sebaran *Generalized Pareto Distribution* sedangkan metode *Block Maxima* mengacu pada sebaran *Generalized Extreme Value*.

2.4.1 Metode *Peaks Over Threshold*

Pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *Peaks Over Threshold* (POT). POT merupakan salah satu metode EVT untuk mengidentifikasi nilai ekstrem dengan menentukan nilai *threshold*. Penentuan nilai *threshold* u sangat penting karena apabila nilai *threshold* u terlalu kecil akan mengakibatkan parameter bias sedangkan apabila *threshold* terlalu tinggi akan mengakibatkan jumlah observasi menjadi sedikit dan terjadi variansi yang tinggi pada data [13].

Pada Gambar 2.1 berikut menunjukkan ilustrasi pengambilan sampel dengan metode *Peaks Over Threshold*. Terdapat beberapa cara untuk menentukan nilai ambang batas, diantaranya adalah metode presentase dan *Means Residual Life Plot* (MRLP). Metode MRLP merupakan metode dalam menentukan nilai ambang batas berdasarkan pada metode rataan dari GPD, menghasilkan interpretasi tidak sederhana [13]. Metode yang lebih mudah digunakan dalam penentuan threshold adalah metode persentase. Menghitung 10% dari data merupakan nilai kelebihan atau yang disebut dengan nilai ekstrem [14]. Penentuan nilai *threshold* dengan cara menggunakan metode presentase didapatkan dengan cara sebagai berikut [15] :

1. Mengurutkan data yang telah dikumpulkan dari yang terbesar hingga yang terkecil.
2. Menghitung 10% dari banyaknya data

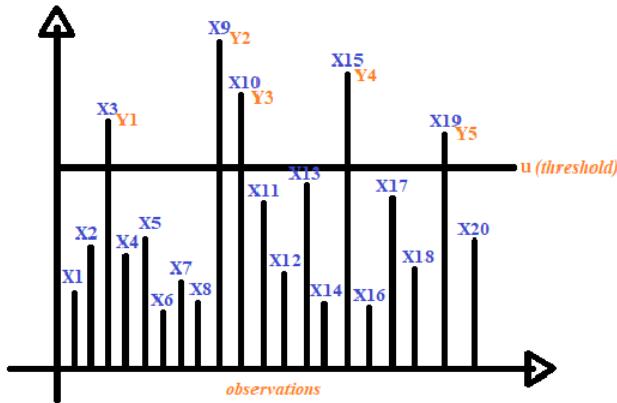
$$k = 10\% \times N$$

dengan,

k : 10% dari banyaknya data.

N : banyaknya data.

3. Nilai *threshold* berada pada data ke- $(k + 1)$.



Gambar 2.1: Gambar Ilustrasi Metode *Peaks Over Threshold*

2.4.2 Generalized Pareto Distribution

Generalized Pareto Distribution (GPD) merupakan distribusi untuk memodelkan sebaran data dengan kejadian ekstrem yang didapatkan dengan metode POT. $F(x)$ adalah *Cumulative Density Function* (CDF) dan $f(x)$ *Probability Density Function* (PDF) dapat ditulis sebagai berikut [11] :

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \xi \frac{(x-u)}{\sigma_g}\right)^{-\frac{1}{\xi}}, & \text{jika } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-(\frac{x-u}{\sigma_g})}, & \text{jika } \xi = 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_g} \left(1 + \xi \frac{(x-u)}{\sigma_g}\right)^{-\frac{1}{\xi}-1}, & \text{jika } \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma_g} e^{-(\frac{x-u}{\sigma_g})}, & \text{jika } \xi = 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

$y \geq u$ ketika $\xi \geq 0$ dan $u \leq x \leq u - \frac{\sigma_g}{\xi}$ ketika $\xi < 0$.

Jika $F(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif variabel acak X dan u adalah nilai *threshold* maka $Y = X - u$, y adalah nilai yang melebihi *threshold* dengan syarat $X > u$. Fungsi distribusi kumulatifnya adalah $F_Y(y)$ yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_Y(y) &= P(X - u \leq y | X > u) \\ &= \frac{F(x) - F(u)}{1 - F(u)}. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Terdapat tiga tipe distribusi dalam GPD berdasarkan parameter bentuk, ketika $\xi > 0$ didapatkan distribusi Pareto, jika $\xi < 0$ didapatkan distribusi Pareto II; dan jika $\xi = 0$ didapatkan distribusi Eksponensial. Semakin besar nilai ξ maka distribusinya akan memiliki ekor yang semakin berat.

2.5 Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal merupakan salah satu distribusi kerugian yang sering digunakan [5]. Suatu peubah acak X dikatakan berdistribusi Lognormal jika memiliki fungsi kepadatan peluang (PDF) sebagai berikut [16]:

$$f_{LN}(x) = \frac{1}{x\sigma_L\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(lnx - \mu)^2}{2\sigma_L^2}\right]. \quad (2.4)$$

Peubah acak X adalah data kerugian korban jiwa akibat gempa bumi yang mengikuti distribusi Lognormal dinotasikan sebagai $X \sim LOGN(\mu, \sigma_L^2)$.

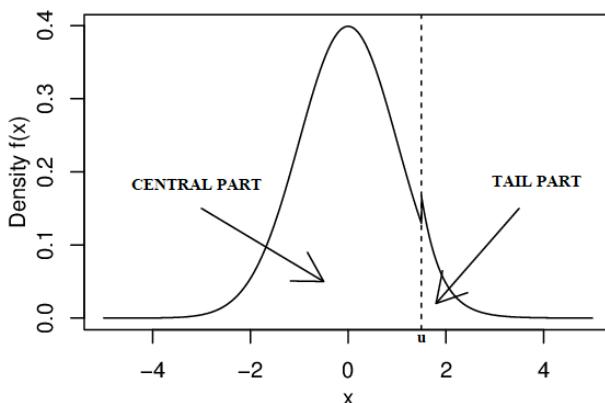
Sedangkan fungsi distribusi kumulatif (CDF) distribusi Lognormal sebagai berikut :

$$F_{LN}(x) = \phi\left(\frac{lnx - \mu}{\sigma_L}\right). \quad (2.5)$$

2.6 Mixture Model

Mixture Model yang paling sederhana diusulkan oleh Behren dkk, pada tahun 2004 [17]. *Mixture Model* mengasumsikan bahwa variabel pengamatan X dibawah *threshold* (u) berasal dari distribusi yang berada pada *Central Part* $H(\cdot|\theta_1)$, sedangkan yang diatas *threshold* (u) berasal dari distribusi yang berada pada *tail part* $G(x|\theta_2, u)$, dimana θ_1 , dan θ_2 adalah parameter dalam $H(\cdot)$ dan $G(\cdot)$. Fungsi Distribusi Kumulatif X dapat dituliskan sebagai berikut [5]:

$$F(x|\theta_1, \theta_2, u) = \begin{cases} H(x|\theta_1), & \text{jika } x < u \\ H(u|\theta_1) + [1 - H(u|\theta_1)]G(x|\theta_2, u), & \text{jika } x \geq u \end{cases} \quad (2.6)$$



Sumber: Journal of Statistical Vol 84 issue 5

Gambar 2.2: Gambar Ilustrasi Fungsi Distribusi Kerugian Korban Jiwa Akibat Bencana Gempa Bumi

2.7 Estimasi Bayesian

Salah satu cara untuk mengestimasi parameter dari setiap distribusi dapat menggunakan berbagai cara. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah menggunakan Estimasi Bayesian. Estimasi Bayesian digunakan untuk memperkirakan parameter yang tidak diketahui dan *threshold* (u) dari model risiko gempa bumi pada persamaan 2.6. Langkah-langkah menentukan estimasi parameter menggunakan metode Estimasi Bayesian sebagai berikut [18]:

1. Fungsi *likelihood*

Fungsi *likelihood* banyak digunakan untuk menentukan estimasi, termasuk pada proses estimasi dengan metode Bayes. Fungsi *likelihood* adalah fungsi kepadatan bersama dari n variabel acak $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ dan dinyatakan dalam bentuk fungsi $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n; \theta)$.

Jika $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ditetapkan, maka fungsi *likelihood* adalah fungsi dari parameter θ dan dinotasikan dengan $L(\theta; x)$. Jika $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menyatakan suatu sampel acak dari fungsi $f(x; \theta)$, fungsi *likelihood* sebagai berikut [18] :

$$\begin{aligned} L(\theta; x) &= f(x_1; \theta) f(x_2; \theta) \dots f(x_n; \theta) \\ &= \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta). \end{aligned} \quad (2.7)$$

2. Menentukan Distribusi *Prior*.

Fungsi distribusi *prior* dari suatu populasi yang mengikuti distribusi tertentu dari parameter θ dinyatakan dalam bentuk $f(\theta)$. Parameter θ dalam metode Bayesian dipandang sebagai variabel yang menggambarkan pengetahuan awal tentang parameter sebelum pengamatan dilakukan dan dinyatakan dalam suatu distribusi yang disebut dengan distribusi *prior* [19].

Terdapat beberapa jenis dalam menentukan distribusi *prior* yaitu sebagai berikut :

- (a) *Conjugate prior* dan *non conjugate prior*, yaitu *prior* ditentukan sesuai dengan pola *likelihood* data [20].
 - (b) *Proper prior* atau *improper prior* (Jeffreys prior), yaitu *prior* yang terkait dengan pemberian bobot atau densitas di setiap titik sehingga terdistribusi secara *uniform* atau tidak [21].
 - (c) *Informative prior* atau *non informative prior*, yaitu *prior* yang berkaitan dengan ketersediaan pengetahuan atau informasi sebelumnya mengenai pola distribusi data [20].
 - (d) *Pseudo prior*, yaitu *prior* ditentukan berdasarkan hasil dari estimasi parameter model regresi dengan *Ordinary Least Square* (OLS) [22].
3. Menentukan Distribusi Posterior.

Dalam estimasi Bayesian, distribusi posterior menjadi dasar dalam proses estimasi parameternya. Distribusi posterior diperoleh dari mengalikan distribusi *prior* dengan fungsi *likelihood*nya. Distribusi posterior, $f(\theta|X)$, didefinisikan sebagai berikut [18] :

$$f(\theta|X) = \frac{L(\theta; x)f(\theta)}{\int L(\theta; x)f(\theta)d\theta}. \quad (2.8)$$

Pada persamaan 2.8, $f(\theta|X)$ adalah distribusi posterior dari θ dan $L(\theta; x)$ adalah fungsi *likelihood* dengan $f(\theta)$ sebagai distribusi *priornya*. Estimasi parameter dapat diperoleh dengan mencari ekspektasi dari distribusi posteriornya pada persamaan 2.8. Ekspektasi dari distribusi posterior dapat ditulis sebagai berikut :

$$E(\theta|X) = \int_{-\infty}^{\infty} \theta f(\theta|X) d\theta. \quad (2.9)$$

Hasil estimasi parameter menggunakan Bayesian diperoleh dengan menyelesaikan persamaan 2.9 dengan θ adalah parameter yang akan diestimasi menggunakan Bayesian.

2.8 *Value at Risk*

Value at Risk didefinisikan sebagai estimasi maksimal kerugian potensial dalam kondisi pasar yang normal pada periode waktu tertentu dengan tingkat kepercayaan tertentu [23]. Menurut Denuit, pengukuran risiko dari variabel X pada tingkat kepercayaan $p \in (0, 1)$ dilambangkan $VaR[X, p]$ di definisikan sebagai berikut [24].

$$VaR[x; p] = F_x^{-1}(p) = \inf\{x \in \mathbf{R} | F_x(x) \geq p\}. \quad (2.10)$$

2.9 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo pertama kali diperkenalkan pada tahun 1964 oleh David B. Hertz dalam artikelnya yang berjudul "*Risk Analysis in Capital Investment*" pada *Harvard Business Review*. Pada tahun 1977, Phelim Boyle menggunakan simulasi ini dalam makalahnya mengenai *options*. Simulasi Monte Carlo adalah pengambilan sampel dengan menggunakan bilangan acak dengan prinsip kerja membangkitkan bilangan acak atau sampel dari suatu variabel acak yang telah diketahui distribusinya.

Langkah-langkah *Value at Risk* dengan simulasi Monte Carlo pada Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Mendefinisikan distribusi probabilitas dari data masa lalu atau dari distribusi teoritis.
2. Mengkonversikan distribusi kedalam frekuensi kumulatif.
3. Melakukan simulasi dengan bilangan acak.
4. Menganalisis keluaran simulasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Metodologi penelitian meliputi penjelasan tentang objek penelitian dan tahapan penelitian serta diberikan diagram alur untuk mempermudah pemahaman tahap penelitian Tugas Akhir ini.

3.1 Tahapan Penelitian

Adapun langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi referensi mengenai subjek yang dibahas pada Tugas Akhir ini. Referensi yang dipelajari adalah berasal dari jurnal, buku atau literatur yang sesuai dengan topik Tugas Akhir ini, seperti bencana, gempa bumi, *Extreme Value Theory*, *Peaks Over Threshold*, *Generalized Pareto Distribution*, Distribusi Lognormal, *Mixture Model*, estimasi Bayesian, *Value at Risk* dan simulasi Monte Carlo.

2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data untuk Tugas Akhir ini.

- (a) Data yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah data sekunder. Data meliputi waktu kejadian, tempat kejadian, korban jiwa, dan kerugian korban jiwa yang diakibatkan oleh gempa bumi rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019.
- (b) Data gempa bumi di Indonesia yang meliputi waktu kejadian, tempat kejadian, dan korban jiwa diunduh melalui website dibi.bnpb.go.id pada tanggal 5 Oktober 2019.

- (c) Data kerugian korban jiwa mengikuti ganti rugi/santunan Kementerian Sosial Republik Indonesia tentang Kesiapsiagaan Dan Tanggap Darurat Bencana Iklim 2018.
- 3. Menentukan Nilai Threshold**
- Pada tahap ini dilakukan identifikasi nilai ekstrem dari data korban jiwa akibat gempa bumi di Indonesia, data yang digunakan yaitu kerugian korban jiwa akibat gempa bumi di Indonesia rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019. Identifikasi nilai ekstrem tersebut menggunakan histogram, normality test, dan scatterplot. Setelah mengidentifikasi adanya nilai ekstrem, data tersebut diurutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil dengan menghitung 10% dari banyaknya data k , nilai *threshold* berada pada data ke- $(k + 1)$.
- 4. Uji Kesesuaian Distribusi**
- Pada tahap ini dilakukan uji kesesuaian distribusi dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi di Indonesia rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019. Data yang berada diatas *threshold* (u) pada *Tail Part* dan data yang berada dibawah *threshold* (u) pada *Central Part* di uji kesesuaian pola sebaran distribusinya menggunakan bantuan software Easyfit. Diharapkan data yang berada diatas *threshold* (u) berdistribusi *Generalized Pareto Distribution* dan data yang berada dibawah *threshold* (u) berdistribusi Lognormal.
- 5. Estimasi Parameter Menggunakan Bayesian**
- Pada tahap ini dilakukan estimasi parameter *Mixture Model* dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi di Indonesia rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019. Estimasi parameter tersebut menggunakan estimasi Bayesian dengan langkah yaitu membuat fungsi *likelihood* dari *Mixture Model*, membuat Distribusi *Prior* non-informatif serta menentukan dan menyelesaikan Distribusi Posterior.

6. Mendapatkan Model *Value at Risk*

Pada Tahap ini setelah didapatkan parameter dari *Mixture Model*, akan didapatkan model untuk *Value at Risk*. Model *Value at Risk* akan digunakan untuk mengetahui kerugian yang akan didapatkan dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019.

7. Simulasi *Value at Risk*

Pada tahap ini dilakukan simulasi terhadap model *Value at Risk* yang sudah didapatkan pada tahap sebelumnya. Simulasi dilakukan dengan iterasi sebanyak $1000 \times$ menggunakan tingkat kepercayaan 99% untuk $x < u$. Simulasi pada Tugas Akhir ini dilakukan menggunakan software Matlab 64-bit dengan Lisensi ITS.

8. Penarikan Kesimpulan dan Pemberian Saran

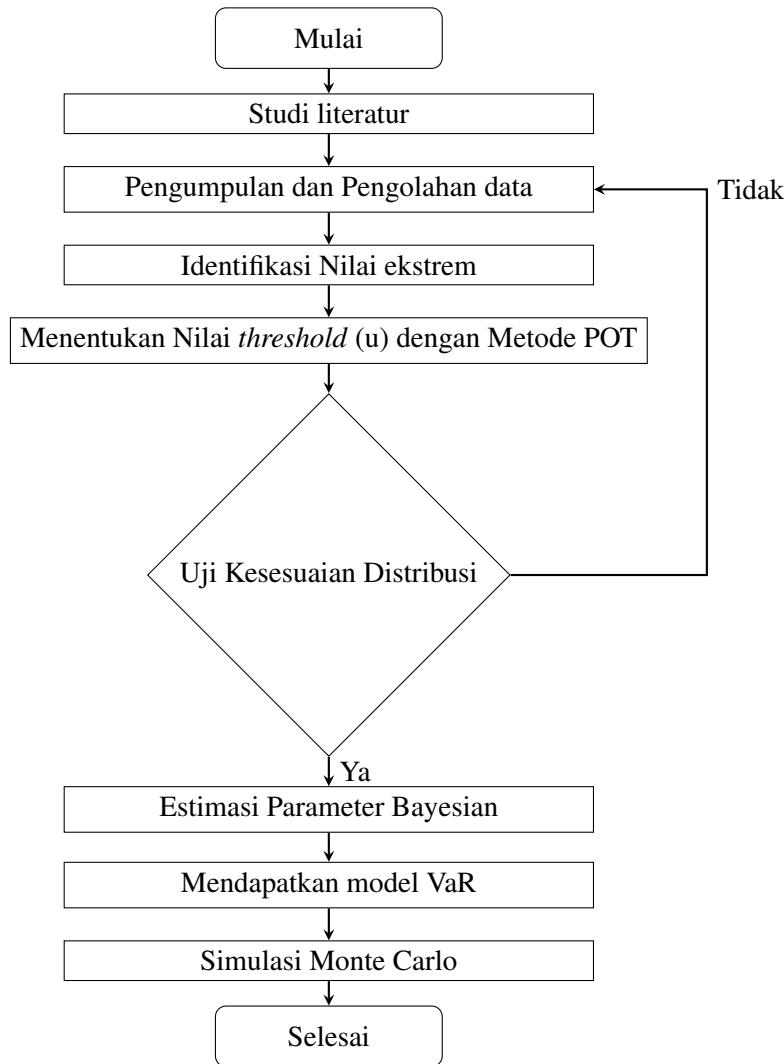
Apabila telah mendapatkan model *Value at Risk* dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi dan telah melakukan simulasi Monte Carlo maka dapat ditarik kesimpulan serta pemberian saran agar dapat dilakukan perbaikan dan pengembangan untuk Tugas Akhir ini.

9. Penulisan Laporan

Tahap akhir yang dilakukan dalam penulisan Tugas Akhir ini meliputi hasil kajian mengenai permasalahan yang dibahas dalam bentuk laporan Tugas Akhir.

3.2 Skema Metode Penelitian

Secara umum tahapan penelitian ditunjukkan sebagai berikut.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisis dan pembahasan pengerjaan Tugas Akhir ini. Analisis dan pembahasan akan menjelaskan mengenai identifikasi nilai *threshold*, estimasi parameter Bayesian, mendapatkan model *Value at Risk*, dan langkah-langkah Simulasi Monte Carlo.

4.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

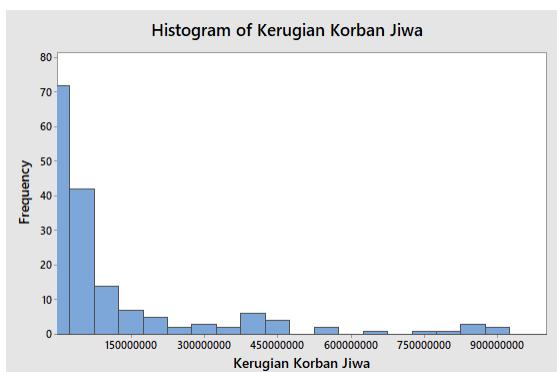
Pada Tugas Akhir ini, data yang digunakan berupa data sekunder. Data yang digunakan yaitu data gempa bumi di Indonesia rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019 yang diperoleh dari website dibi.bnpb.go.id. Data tersebut meliputi tanggal kejadian, tempat kejadian, dan jumlah korban jiwa.

Untuk data kerugian korban jiwa mengacu kepada data korban jiwa yang dikalikan dengan ganti rugi/santunan yang diberikan oleh pemerintah kepada keluarga korban. Ganti rugi/santunan yang diberikan sesuai dengan Kementerian Sosial Republik Indonesia tentang Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat Bencana Iklim 2018 sejumlah Rp 15.000.000 yang disesuaikan dengan kurs rupiah pada tahun kejadian bencana gempa bumi seperti pada tahun 1952. Gempa bumi pada tahun 1952 di Kota Lebong Provinsi Bengkulu mengakibatkan timbulnya korban jiwa sebanyak 5 orang. Kurs rupiah terhadap USD pada tahun 1952 sebesar Rp 11,4 sehingga ganti rugi/santunan sejumlah Rp 15.000.000 setara dengan Rp 12.011. Penghitungan santunan tersebut adalah dengan membagi Rp 15.000.000 dengan Rp 14.237 didapatkan 1.054 USD. Hasil pembagian tersebut kemudian dikalikan dengan kurs rupiah pada tahun 1952 sehingga didapatkan ganti rugi/santunan bagi 5 korban jiwa akibat gempa bumi di Kota Lebong Provinsi Bengkulu sejumlah Rp 60.055. Data yang telah dikumpulkan dan diolah terdapat pada lampiran A.

4.2 Identifikasi Nilai Ekstrem

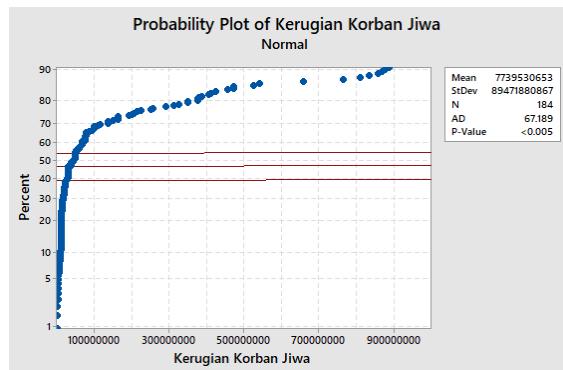
Identifikasi adanya nilai ekstrem pada data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi di Indonesia rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019 menggunakan histogram, *Normality Test*, dan *Scatterplot* dengan menggunakan bantuan software Minitab Versi 16.0 dengan lisensi ITS.

Histogram pada Tugas Akhir ini digunakan untuk melihat indikasi data kerugian korban jiwa akibat gempa bumi mengikuti distribusi normal atau tidak. hasil histogram kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi yang cenderung melenceng kekanan dan tidak simetris menunjukkan indikasi bahwa data tidak mengikuti distribusi normal yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



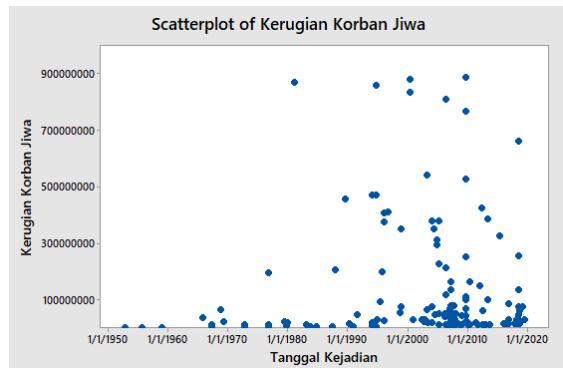
Gambar 4.1: Histogram Data Kerugian Akibat Korban Jiwa

Untuk mengetahui data tersebut berdistribusi normal atau tidak normal digunakan *Normality Test*. Jika data berdistribusi normal maka akan mengikuti garis-garis merah. Hasil *Normality Test* dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi menunjukkan bahwa titik-titik biru dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi tidak mengikuti garis-garis merah. Hal itu berarti bahwa data tidak berdistribusi normal. Hasil *Normality Test* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: *Normality Test Data Kerugian Akibat Korban Jiwa*

Kemudian pada Gambar 4.3 digunakan *Scatterplot* untuk mengetahui indikasi adanya data ekstrem pada data kerugian korban jiwa akibat gempa bumi. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat data kerugian yang berada jauh dari kumpulan sebaran data kerugian lainnya yang berarti terindikasi adanya data ekstrem.



Gambar 4.3: *Scatterplot Data Kerugian Akibat Korban Jiwa*

4.3 Mendapatkan Nilai *Threshold*

Metode yang digunakan dalam mendapatkan nilai *threshold* menggunakan metode *Peaks Over Threshold* (POT). Data kerugian akibat bencana gempa bumi di Indonesia rentang tahun 1952 sampai dengan tahun 2019 diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil yang tercantum pada lampiran B. Kemudian menentukan nilai ekstrem ditentukan dengan menggunakan rumus $k = 10\% \times N$, dengan nilai k merupakan banyaknya data ekstrem, N adalah banyak data yaitu sebanyak 184 data. Hasil dari rumus tersebut didapatkan data ekstrem yaitu data ke-1 sampai data ke- $(k + 1)$.

Selanjutnya langkah terakhir untuk menentukan nilai *threshold*, yaitu *threshold* berada pada data urutan ke- $(k + 1)$. Berdasarkan penentuan nilai u (*threshold*) dapat diketahui bahwa u (*threshold*) berada data ke-19 sebesar Rp 0,878 Miliar. Hasil nilai *threshold* lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran C. Data urutan ke-1 sampai dengan data urutan ke-19 adalah data yang lebih besar atau sama dengan u (*threshold*), disebut dengan *Tail Part*. Untuk data urutan ke-20 sampai dengan data urutan ke-184 merupakan data yang kurang dari u (*threshold*) disebut dengan *Central Part*.

4.4 Uji Kesesuaian Pola Distribusi

Uji kesesuaian pola distribusi bertujuan untuk pendugaan distribusi terhadap data kerugian akibat bencana gempa bumi di Indonesia (X), data kerugian yang berada pada *Tail Part* merupakan distribusi *Generalized Pareto*, sedangkan yang berada pada *Central Part* merupakan distribusi Lognormal. Pengujian pendugaan distribusi ini menggunakan *Kolmogorov Smirnov* dibantu dengan software Easyfit. Hipotesis diterima jika hasil *Kolmogorov Smirnov* dari software Easyfit tidak di *reject*.

Hipotesis untuk data yang berada pada *Tail Part*, $x \geq u$:

H_0 = data berdistribusi *Generalized Pareto*

H_1 = data tidak berdistribusi *Generalized Pareto*

Goodness of Fit - Details [hide]					
Gen. Pareto [#4]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	19				
Statistic	0,11282				
P-Value	0,94673				
Rank	1				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,23735	0,27136	0,30143	0,33685	0,36117
Reject?	No	No	No	No	No

Gambar 4.4: Uji Distribusi Data $x \geq u$

Pada Gambar 4.4, hasil uji distribusi dari data yang lebih besar sama dengan u (*threshold*) menunjukkan bahwa H_0 diterima. Berarti bahwa data yang lebih besar sama dengan u (*threshold*) mempunyai distribusi *Generalized Pareto*.

Hipotesis untuk data yang berada pada *Central Part*, $x < u$:

H_0 = data berdistribusi Lognormal

H_1 = data tidak berdistribusi Lognormal

Goodness of Fit - Details [hide]					
Lognormal [#5]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	165				
Statistic	0,09801				
P-Value	0,07847				
Rank	2				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,08353	0,09521	0,10572	0,11818	0,12682
Reject?	Yes	Yes	No	No	No

Gambar 4.5: Uji Distribusi Data $x < u$

Hasil uji distribusi dari data yang kurang dari u (*threshold*) menunjukkan bahwa H_0 diterima. Berarti bahwa data yang kurang dari u (*threshold*) mempunyai distribusi Lognormal yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.

4.5 Estimasi Parameter Bayesian

Sesuai dengan persamaan 2.6, diketahui bahwa parameter pada $x < u$ yaitu parameter θ_1 mengikuti parameter pada distribusi lognormal yaitu μ sebesar 17,405, dan σ_L^2 sebesar 2,525. Untuk parameter θ_2 pada $x \geq u$ memiliki tiga parameter yang sesuai dengan distribusi generalized pareto yaitu ξ , σ_g , dan u . Parameter σ_g telah diketahui sebesar $3,119 \times 10^9$, dan juga parameter u telah diketahui dari *threshold* sebesar 878442169. Sedangkan untuk parameter ξ belum diketahui sehingga akan dicari menggunakan estimasi Bayesian.

Langkah-langkah estimasi parameter Bayesian dilakukan dengan menentukan fungsi *likelihood* dari model pada persamaan 2.6, menentukan distribusi *prior*, dan menyelesaikan distribusi posterior. Berikut adalah langkah-langkah estimasi parameter Bayesian :

1. Menentukan Fungsi *Likelihood*.

$$\begin{aligned}
L(\theta, x) &= \prod_{i;x_i < u} h(x_i|\mu, \sigma_L) \prod_{i;x_i \geq u} (1 - H(u|\mu, \sigma_L)) \\
&\quad \times \left(\frac{1}{\sigma_g} \left[1 + \xi \frac{x_i - u}{\sigma_g} \right]^{-\frac{1}{\xi}-1} \right) \\
&= \prod_{i;x_i < u} f_{LN}(x_i|\mu, \sigma_L) \prod_{i;x_i \geq u} (1 - F_{LN}(u|\mu, \sigma_L)) \\
&\quad \times \left(\frac{1}{\sigma_g} \left[1 + \xi \frac{x_i - u}{\sigma_g} \right]^{-\frac{1}{\xi}-1} \right) \\
&= (1,50705 \times 10^{-6}) \times (4,54531 \times 10^{-32}) \\
&\quad \times (3,1195 \times 10^9)^{-19} \\
&\quad \left(\sum_{i=1}^n \left[1 + \xi \frac{x_i - 8,78442 \times 10^8}{3,1195 \times 10^9} \right]^{-\frac{1}{\xi}-1} \right). \quad (4.1)
\end{aligned}$$

2. Menentukan Distribusi *Prior* $f(\theta)$, untuk $\xi > -\frac{1}{2}$, $\sigma > 0$.

$$\begin{aligned} f(\theta) &= \frac{1}{\sigma_g} \times \frac{1}{1 + \xi} \times \frac{1}{\sqrt{1 + 2\xi}} \\ &= \frac{1}{3,1195 \times 10^9} \times \frac{1}{1 + \xi} \times \frac{1}{\sqrt{1 + 2\xi}}. \end{aligned} \quad (4.2)$$

3. Menentukan dan Menyelesaikan Distribusi Posterior.

Distribusi posterior didapatkan sesuai dengan persamaan 2.8 yang dapat ditulis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f(\theta|X) &= \frac{L(\theta; x)f(\theta)}{\int L(\theta; x)f(\theta)d\theta} \\ &= (1,50705 \times 10^{-6}) \times (4,54531 \times 10^{-32}) \\ &\quad \times (3,1195 \times 10^9)^{-19} \\ &\quad \left(\sum_{i=1}^n \left[1 + \xi \frac{x_i - 8,78442 \times 10^8}{3,1195 \times 10^9} \right]^{-\frac{1}{\xi}-1} \right) \\ &\quad \times \frac{1}{3,1195 \times 10^9} \times \frac{1}{1 + \xi} \times \frac{1}{\sqrt{1 + 2\xi}} \\ &= (1,50705 \times 10^{-6}) \times (4,54531 \times 10^{-32}) \\ &\quad \times (3,1195 \times 10^9)^{-19}) \\ &\quad \times \left(\sum_{i=1}^n \left[1 + \xi \frac{x_i - 8,78442 \times 10^8}{3,1195 \times 10^9} \right]^{-\frac{1}{\xi}-1} \right) \\ &\quad \times \frac{1}{3,1195 \times 10^9} \times \frac{1}{1 + \xi} \times \frac{1}{\sqrt{1 + 2\xi}}. \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan persamaan distribusi posterior, maka akan diselesaikan dengan bantuan *software* Matlab. Sesuai dengan persamaan 4.3, dengan n adalah jumlah kejadian yang lebih besar dari *threshold* sebanyak 19 kejadian maka didapatkan estimasi parameter untuk ξ sebesar 1,4566. Untuk program Matlab dapat dilihat pada lampiran D.

4.6 Mendapatkan Model *Value at Risk*

Pada Tugas Akhir ini, untuk mendapatkan nilai dari *Value at Risk* akan dicari terlebih dulu model yang akan digunakan untuk mencari nilai *Value at Risk*. Model yang akan digunakan mengacu kepada jurnal dari Yuxian li pada tahun 2016. Sesuai pada persamaan 2.9, untuk model *Value at Risk* dapat ditulis kembali sebagai berikut.

$$VaR[x; p] = F_x^{-1}(p) = \inf\{x \in \mathbf{R} | F_x(x) \geq p\}, \quad (4.3)$$

dengan $x < u$ dan p yaitu tingkat kepercayaan. Pada Tugas Akhir ini, tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 99 %. Sedangkan untuk $x \geq u$, model *Value at Risk* yang digunakan dapat ditulis sebagai berikut.

$$VaR[x; p] = u + \frac{((1-p)^{-\xi} - 1)\sigma_g}{\xi}, \quad (4.4)$$

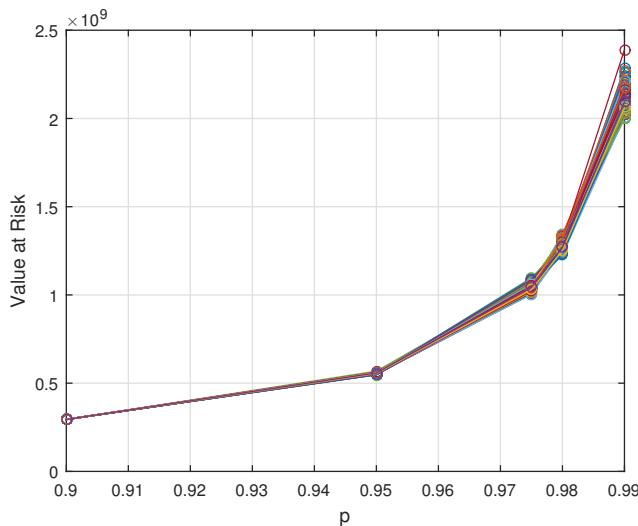
dengan u adalah *threshold* sebesar $8,78442 \times 10^8$, σ_g sebesar $3,1195 \times 10^9$, dan ξ yang didapatkan dari estimasi Bayesian yaitu sebesar 1,4566, serta p adalah tingkat kepercayaan 99%.

4.7 Simulasi *Value at Risk*

Setelah didapatkan model *Value at Risk* dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi, akan dilakukan simulasi Monte Carlo pada model *Value at Risk* dengan iterasi sebanyak $1000 \times$ iterasi dengan tingkat kepercayaan 99%. Simulasi yang dilakukan menggunakan software Matlab, untuk program Matlab dapat dilihat pada lampiran E dan lampiran F.

Pada Gambar 4.6 menunjukkan hasil simulasi *Value at Risk* menggunakan Monte Carlo dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi untuk data yang kurang dari u (*threshold*). Simulasi dilakukan dengan $1000 \times$ iterasi dengan tingkat kepercayaan 99%, hasil *Value at Risk* sebesar $2,093 \times 10^9$. Hasil tersebut

berarti bahwa kerugian yang akan didapatkan dari data korban jiwa akibat bencana gempa bumi yang kurang dari u (*threshold*) adalah sebesar Rp 2,093 Miliar.



Gambar 4.6: *Value at Risk* data yang kurang dari u (*threshold*)

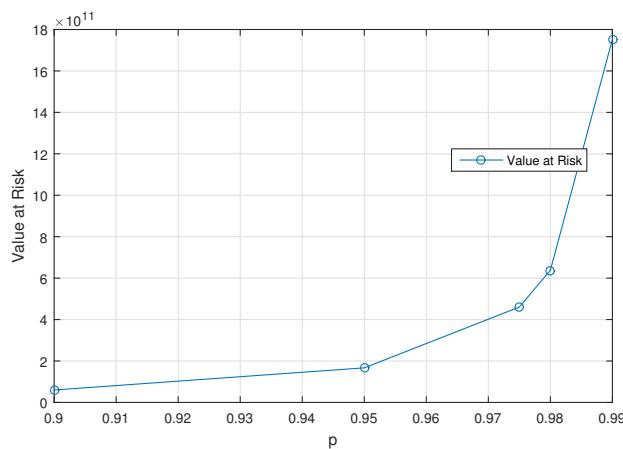
Tabel 4.1: Hasil Simulasi *Value at Risk* dari $x < u$

p	VaR
90 %	0.295×10^9
95 %	0.558×10^9
97,5 %	1.043×10^9
98 %	1.271×10^9
99 %	2.093×10^9

Pada Tabel 4.1 menunjukkan pengaruh tingkat kepercayaan terhadap hasil *Value at Risk*. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 90%, 95%, 97.5%, 98%, dan 99%, hasil *Value at Risk* yaitu sebesar 0.295×10^9 , 0.558×10^9 , 1.043×10^9 , 1.271×10^9 , dan

2.093×10^9 . Hasil tersebut berarti bahwa kerugian yang akan didapatkan dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi yang kurang dari u (*threshold*) adalah sebesar Rp 0, 295 Milyar, Rp 0, 558 Milyar, Rp 1, 043 Milyar, Rp 1, 271 Milyar, dan Rp 2, 093 Milyar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar tingkat kepercayaan maka semakin besar juga kerugian yang akan didapatkan.

Untuk hasil *Value at Risk* pada data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi yang lebih besar atau sama dengan u (*threshold*) ditunjukkan pada Gambar 4.7. Hasil *Value at Risk* tersebut menggunakan tingkat kepercayaan 99% menggunakan bantuan software Matlab.



Gambar 4.7: *Value at Risk* data yang lebih besar atau sama dengan u (*threshold*)

Pada Gambar 4.7, hasil *Value at Risk* dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi untuk data yang lebih besar atau sama dengan u (*threshold*) yaitusebesar 17.524×10^{11} . Hasil *Value at Risk* tersebut berarti kerugian yang akan didapatkan adalah sebesar Rp 17.524 Milyar.

Kemudian pada Tabel 4.2 menunjukkan pengaruh tingkat kepercayaan terhadap hasil simulasi *Value at Risk* dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi untuk data yang lebih besar atau sama dengan u (*threshold*).

Tabel 4.2: Hasil Simulasi *Value at Risk* dari $x \geq u$

p	VaR
90 %	0.600×10^{11}
95 %	1.669×10^{11}
97,5 %	4.604×10^{11}
98 %	6.377×10^{11}
99 %	17.524×10^{11}

Hasil *Value at Risk* pada Tabel 4.2 menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 90%, 95%, 97,5%, 98%, dan 99%. Pada tingkat kepercayaan 90% hasil *Value at Risk* adalah sebesar 0.600×10^{11} , pada tingkat kepercayaan 95% hasil *Value at Risk* adalah sebesar 1.669×10^{11} , pada tingkat kepercayaan 97,5% hasil *Value at Risk* adalah sebesar 4.604×10^{11} , pada tingkat kepercayaan 98% hasil *Value at Risk* adalah sebesar 6.377×10^{11} , dan pada tingkat kepercayaan 99% hasil *Value at Risk* adalah sebesar 17.524×10^{11} .

Hasil *Value at Risk* tersebut berarti bahwa peluang kerugian yang akan didapatkan dari data kerugian korban jiwa akibat bencana gempa bumi yang lebih besar sama dengan Rp 600 Milyar adalah sebesar 90%. Pada tingkat kepercayaan 95%, peluang kerugian yang lebih besar sama dengan Rp 1.669 Milyar adalah sebesar 95%. Pada tingkat kepercayaan 97,5%, peluang kerugian yang lebih besar sama dengan Rp 4.604 Milyar adalah sebesar 97,5%. Kemudian pada tingkat kepercayaan 98%, peluang kerugian yang lebih besar sama dengan Rp 6.377 Milyar adalah sebesar 98%, dan pada tingkat kepercayaan 99%, peluang kerugian yang lebih besar sama dengan Rp 17.524 Milyar adalah sebesar 99%. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa semakin besar tingkat kepercayaan maka semakin besar kerugian yang akan didapatkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V **PENUTUP**

Pada bab ini, diberikan kesimpulan yang diperoleh dari Tugas Akhir serta saran untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Model *Value at Risk* untuk $x < 8,784 \times 10^8$ yang didapatkan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut,

$$VaR[x; p] = F_x^{-1}(p) = \inf\{x \in \mathbf{R} | F_x(x) \geq p\},$$

sedangkan model *Value at Risk* untuk $x \geq 8,784 \times 10^8$ sebagai berikut,

$$VaR[x; p] = 8,784 \times 10^8 + \frac{((1-p)^{-\xi} - 1)3,1195 \times 10^9}{\xi},$$

dengan parameter yang didapatkan dari data yaitu μ sebesar 17,405, σ_L^2 sebesar 2,525, σ_g sebesar 3,1195 $\times 10^9$, dan u atau *threshold* sebesar 8,78442169 $\times 10^8$. Sedangkan untuk parameter ξ didapatkan menggunakan estimasi Bayesian dan diperoleh parameter ξ sebesar 1,4566.

2. a. Pada $x < 8,784 \times 10^8$ dengan menggunakan simulasi Monte Carlo pada tingkat kepercayaan 99%, hasil *Value at Risk* yang didapatkan yaitu sebesar $2,093 \times 10^9$. Artinya bahwa dengan data kerugian korban jiwa yang kurang dari u sebesar $8,784 \times 10^8$, peluang kerugian yang akan diperoleh sebesar Rp. 2,093 Milyar adalah 99%.

- b. Pada $x \geq 8,784 \times 10^8$, hasil *Value at Risk* yang didapatkan dengan tingkat kepercayaan 99% yaitu sebesar 17.524×10^{11} . Artinya bahwa dengan data kerugian korban jiwa yang lebih besar atau sama dengan u sebesar $8,784 \times 10^8$, peluang kerugian yang akan diperoleh sebesar Rp. 17.524 Milyar adalah 99%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya lebih baik menambahkan faktor kerugian yang lainnya yang diakibatkan bencana gempa bumi seperti kerugian bangunan, infrastruktur, dan harta benda.
2. Mengimplementasikan penghitungan *Value at Risk* kerugian korban jiwa ke dalam bencana alam yang lainnya, misal bencana banjir, puting beliung, dan tanah longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Madjid, N.C. (2018), Analisis Metode Penghitungan dan Alokasi Anggaran Bencana Alam.
- [2] Republik Indonesia. (2007), Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Sekretariat Negara, Jakarta.
- [3] Prasetya, T. (2006), *GEMPA BUMI*. Yogyakarta. GITANA-GARI.
- [4] BMKG Earthquake Repository. (2019), <http://repogempa.bmkg.go.id/>. Diakses pada tanggal 18 Agustus 2019.
- [5] Li, Y., Tang, N., Jiang, X. (2016), *Bayesian Approach For Analyzing Earthquake Catastrophic Risk*.
- [6] Pradhan, B. & Kundu, D.. 2011. *Bayes Estimation and Prediction of the Two-Parameter Gamma Distribution*. Journal of Statistical Computation and Simulation. 81(9): 1187-1198.
- [7] Nurlaila, D., Kusnandar, D. & Sulistianingsih, E. 2013. Perbandingan Metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) dan Metode Bayes dalam Pendugaan Parameter Distribusi Eksponensial. Buletin Ilmiah Matematika Statistika dan Terapananya (Bimaster). 2(1): 51-56.
- [8] Adrianto, A.D., Azhari, M., Khairunnisa. (2017), Abstrak Analisis *Value at Risk* dengan Metode Historis, dan Monte Carlo dalam Saham Sub sektor Rokok (Studi Kasus Pada Saham Gudang Garam dan HM Sampoerna).
- [9] Yuniasari, E.R. (2019), Abstrak Pemodelan Risiko Gempa Bumi Menggunakan Pendekatan Teori Nilai Ekstrem.

- [10] Sunarjo, Gunawan, M.T., Pribadi, S. (2012), Gempa Bumi Indonesia, Edisi Populer. Jakarta. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- [11] Sukmayani, S.P. (2015), Analisis Pengukuran Risiko Menggunakan *Generalized Pareto Distribution* Pada Klaim Asuransi Jiwa PT. Y.
- [12] Kellezi, E. dan Gilli, M. (2000), *Extreme Value Theory for Tail-Related Risk Measures*. Switzerland: University of Geneva.
- [13] Coles, S. (2001), *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Value*. London: Springer-Verlag.
- [14] Chaves-Dermoulin, V., dan Embrechts,P. (2002), *Smooth External Models for Operational Risk, Financial Valuation and Risk Management Working Paper Series*, 135.
- [15] Sari, Y.D.W. dan Sutikno. (2013), Estimasi Parameter *Generalized Pareto Distribution* Pada Kasus Identifikasi Perubahan Iklim di Sentra Produksi Padi Jawa Timur.
- [16] Bain, L.J. (2000), *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*.
- [17] Behrens, C. N., H. F. Lopes, and D. Gamerman. (2004), *Bayesian Analysis of Extreme Events with Threshold Estimation*. Statistical Modelling 4 (3), 227–244.
- [18] Sahoo, P. (2008), *Probability and Mathematical Statistics*. Department of Mathematics University of Louisville, KY 40292 USA.
- [19] Nahi, E N. (1969), *Estimation Theory and Applications*. New York: John Willey and Sons.

- [20] Box, G.E.P. dan Tiano. (1973), *Bayesian Inference In Statistical Analysis*. Reading, MA, Addison-wesley.
- [21] Ntzoufras, I. (2009), *Bayesian Modelling Using WinBUGS*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- [22] Carlin, B.P., dan Chib, S. (1995), *Bayesian Model Choice via Markov Chain Monte Carlo Methods. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 473-484.
- [23] Rosadi, D. (2012). Manajemen risiko Kuantitatif. Diktat Kuliah FMIPA UGM. Yogyakarta.
- [24] Denuit, M., Genest, C., Marceau, E., (1999). Stochastic Bounds on Sums of Dependent Risks. *Insurance: Mathematics and Economics* 25, 85–104.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran A
Data Kerugian Korban Jiwa Akibat Gempa Bumi di Indonesia 1952 - 2019

No	Tanggal	Provinsi	Kabupaten/Kota	Banyak Korban	Nilai Rupiah	Nilai Santunan	Ganti Rugi
1	9/6/1952	Bengkulu	Lebong	5	11.4	120.11	600.55
2	7/14/1955	Makassar Utara	Ternate	34	11.4	120.11	408.374
3	11/20/1958	Jawa Timur	Malang	9	90	94.824	85.341.4
4	10/20/1958	Jawa Timur	Malang	9	90	94.824	85.341.4
5	9/7/1965	Makassar Utara	Halmahera Barat	7	495	5262718	363.9026
6	4/11/1967	Sulawesi Selatan	Kepulauan Selayar	71	149.58	157.97	111.89392
7	2/19/1967	Jawa Timur	Malang	16	149.58	157.97	2521.553
8	9/7/1968	Sulawesi Tengah	Toli-toli	200	296.29	3121.70	6243.4062
9	2/23/1969	Sulawesi Barat	Majene	64	326	34.3473	2198.2252
10	10/4/1972	Jawa Timur	Trenggalek	23	415	437243	1005.6385
11	10/4/1972	Jawa Timur	Blitar	10	415	437243	4372438
12	9/12/1972	Bali	Jembrana	22	415	437243	96.19342
13	9/12/1976	Bali	Buleleng	442	415	437243	193261.333
14	9/12/1976	Bali	Tabanan	8	415	437243	34.97943
15	11/2/1979	Jawa Barat	Taskopanayaya	26	623.06	6564.54	1706.7811
16	9/12/1979	Papua	Kepulauan Yapen	17	623.06	6564.54	1115.9723
17	9/6/1979	Jawa Barat	Graut	13	623.06	6564.54	853.3905
18	5/30/1979	Nusa Tenggara Barat	Lombok Tengah	34	623.06	6564.54	2231.9445
19	1/22/1981	Papua	Jayawijaya	1306	631.76	665621	869300.54
20	12/25/1982	Nusa Tenggara Timur	Flores Timur	15	661.42	696870	1045.3054
21	9/7/1983	Sulawesi Tengah	Banggai Kepulauan	3	909.26	957994	28.73981
22	9/7/1984	Sulawesi Barat	Manuju	3	1025.94	1080928	3242783
23	11/26/1987	Nusa Tenggara Timur	Alor	118	1643.85	1731956	204370778
24	4/26/1987	Sumatera Utara	Tapanuli Utara	3	1643.85	1731956	5193867
25	8/12/1989	Papua	Nabire	245	1770.06	1864930	456907910
26	11/15/1990	Sumatera Utara	Nias	2	1842.81	1941579	3883159
27	11/15/1990	Aceh	Gayo Lues	2	1842.81	1941579	13591056
28	4/18/1990	Sulawesi Utara	Minahasa	7	1842.81	1941579	4726.1589
29	7/8/1991	Nusa Tenggara Timur	Alor	23	1950.32	2054952	2138718
30	12/12/1992	Nusa Tenggara Timur	Flores Timur	2500	2029.92		5346795028

Lampiran A (Lanjutan)

No	Tanggal	Provinsi	Kabupaten/Kota	Banyak Korban	Nilai Rupiah	Nilai Santunan	Ganti Rugi
31	11/20/1994	Papua	Biak Numfor	13	2160.75	2276560	2995822
32	10/9/1994	Maluku Utara	Maluku Utara	2	2160.75	2276560	4553120
33	10/8/1994	Maluku Utara	Maluku Utara	2	2160.75	2276560	4553120
34	9/7/1994	Jawa Timur	Banyuwangi	377	2160.75	2276560	858263170
35	9/6/1994	Lampung	Lampung Barat	207	2160.75	2276560	471247947
36	2/16/1994	Maluku	Lampung Barat	207	2160.75	2276560	471247947
37	1/21/1994	Maluku Utara	Maluku Tenggara Barat	8	2160.75	2276560	18212481
38	1/21/1994	Maluku Utara	Maluku Utara	3	2160.75	2276560	6829680
39	10/7/1995	Jambi	Kerinci	84	2248.61	2369129	199006851
40	5/19/1995	Sulawesi Tengah	Banggai Kepulauan	39	2248.61	2369129	92396038
41	9/7/1996	Papua	Biak Numfor	166	2342.3	2467841	409661556
42	2/17/1996	Papua	Biak Numfor	152	2342.3	2467841	37511178
43	2/17/1996	Sulawesi Tengah	Biak Numfor	164	2342.3	2467841	40475875
44	1/1/1996	Jawa Barat	Toli-toli	10	2342.3	2467841	24678407
45	12/2/1998	Maluku	Bogor	7	10013.62	10550322	73852253
46	11/29/1998	Jawa Timur	Maluku Tengah	33	10013.62	10550322	348160623
47	9/28/1998	Aceh	Malang	5	10013.62	10550322	52751610
48	11/2/2000	Bengkulu	Pidie	3	8421.77	8873.53	26619460
49	6/4/2000	Aceh	Bengkulu Selatan	94	8421.77	8873.53	834076403
50	6/4/2000	Aceh	Ach Timur	99	8421.77	8873.53	878442169
51	11/2/2002	Papua Barat	Simeulue	3	9311.19	9810244	29430731
52	10/11/2002	Papua	Manokwari	2	9311.19	9810244	19620487
53	10/10/2002	Sulawesi Tengah	Nahire	2	9311.19	9810244	19620487
54	6/16/2002	Maluku Utara	Toli-toli	3	9311.19	9810244	29430731
55	5/27/2003	Nusa Tenggara Timur	Halmaheira Utara	2	8577.13	9036840	18073680
56	4/22/2003	Nusa Tenggara Timur	Flores Timur	60	8577.13	9036840	542210405
57	3/25/2003	Papua	Manggarai	7	8577.13	9036840	63257881
58	11/26/2004	Nusa Tenggara Timur	Nahire	31	8938.85	9417947	291986365
59	11/12/2004	Sulawesi Tengah	Alor	33	8938.85	9417947	310792259
60	6/29/2004		Banggai	5	8938.85	9417947	47089736

Lampiran A (Lanjutan)

No	Tanggal	Provinsi	Kabupaten/Kota	Banyak Korban	Nilai Rupiah	Nilai Santunan	Ganti Rugi
61	6/22/2004	Papua	Nabire	37	8938.85	9417947	348464048
62	2/22/2004	Sumatera Barat	Pesisir Selatan	2	8938.85	9417947	188335895
63	2/26/2004	Sumatera Barat	Tanah Datar	8	8938.85	9417947	7543578
64	2/6/2004	Papua	Nabire	40	8938.85	9417947	376717890
65	12/26/2004	Aceh	Kota Banda Aceh	128728	8938.85	9417947	1212353514309
66	4/10/2005	Sumatera Barat	Padang Pariaman	1	9704.74	10224887	10224887
67	3/28/2005	Aceh	Aceh Selatan	5	9704.74	10224887	51124434
68	3/28/2005	Aceh	Simeulue	37	9704.74	10224887	378320812
69	3/28/2005	Aceh	Aceh Singkil	22	9704.74	10224887	224947510
70	3/28/2005	Sumatera Utara	Tapandui Tengah	1	9704.74	10224887	10224887
71	3/28/2005	Sumatera Utara	Nias	686	9704.74	10224887	7014272351
72	3/28/2005	Sumatera Utara	Mandaliling Natal	1	9704.74	10224887	10224887
73	3/28/2005	Sumatera Utara	Nias Selatan	165	9704.74	10224887	1687106323
74	3/28/2005	Sumatera Utara	Sioboga	1	9704.74	10224887	10224887
75	12/18/2006	Sumatera Utara	Mandaliling Natal	5	9159.32	9650234	48251169
76	12/1/2006	Nusa Tenggara Barat	Bima	1	9159.32	9650234	9650234
77	5/12/2006	Jawa Tengah	Purworejo	1	9159.32	9650234	9650234
78	5/27/2006	Jawa Tengah	Magetan	12	9159.32	115802806	115802806
79	5/27/2006	Jawa Tengah	Boyolali	5	9159.32	9650234	48251169
80	5/27/2006	Jawa Tengah	Klaten	1045	9159.32	9650234	10084494351
81	5/27/2006	Jawa Tengah	Sukoharjo	5	9159.32	9650234	48251169
82	5/27/2006	DI Yogyakarta	Kulon Progo	22	9159.32	9650234	212305144
83	5/27/2006	DI Yogyakarta	Bantul	4143	9159.32	9650234	39970918751
84	5/27/2006	DI Yogyakarta	Gunung Kidul	84	9159.32	9650234	810619642
85	5/27/2006	DI Yogyakarta	Slaman	243	9159.32	9650234	2345066820
86	5/27/2006	DI Yogyakarta	Yogyakarta	218	9159.32	9650234	2103750975
87	3/23/2006	Maluku	Amboin	5	9159.32	9650234	48251169
88	3/14/2006	Maluku	Buru	4	9159.32	9650234	38600935
89	1/12/2007	Nusa Tenggara Barat	Dompul	3	9141	9630932	28892796
90	1/17/2007	Nusa Tenggara Barat	Rima	1	9141	9630932	9630932

Lampiran A (Lanjutan)

No	Tanggal	Provinsi	Kabupaten/Kota	Banyak Korban	Nilai Rupiah	Nilai Santunan	Ganti Rugi
91	9/12/2007	Sumatera Barat	Pesisir Selatan	5	9141	9630932	48154660
92	9/12/2007	Sumatera Barat	Sotok	1	9141	9630932	9630932
93	9/12/2007	Sumatera Barat	Kepulauan Mentawai	4	9141	9630932	38523728
94	9/12/2007	Sumatera Barat	Padang	3	9141	9630932	28892796
95	9/12/2007	Sumatera Barat	Bengkulu Utara	8	9141	9630932	77047455
96	9/12/2007	Bengkulu	Mukomuko	8	9141	9630932	77047455
97	9/12/2007	Bengkulu	Bengkulu	3	9141	9630932	28892796
98	8/9/2007	Jawa Barat	Bogor	1	9141	9630932	9630932
99	3/6/2007	Sumatera Barat	Padang	3	9141	9630932	28892796
100	3/6/2007	Sumatera Barat	Solok	8	9141	9630932	77047455
101	3/6/2007	Sumatera Barat	Padang Panjang	2	9141	9630932	19261864
102	3/6/2007	Sumatera Barat	Bukittinggi	8	9141	9630932	77047455
103	3/6/2007	Sumatera Barat	Payakumbuh	1	9141	9630932	9630932
104	3/6/2007	Sumatera Barat	Solok	17	9141	9630932	163725843
105	3/6/2007	Sumatera Barat	Tanah Datar	14	9141	9630932	134833047
106	3/6/2007	Sumatera Barat	Padang Pariaman	4	9141	9630932	38523728
107	3/6/2007	Sumatera Barat	Agam	17	9141	9630932	163725843
108	3/6/2007	Sumatera Barat	Lima Puluh Kota	1	9141	9630932	9630932
109	1/21/2007	Sulawesi Utara	Manado	7	9141	9630932	67416523
110	9/9/2008	Sumatera Selatan	Lahat	1	9698.96	10218797	10218797
111	2/25/2008	Sumatera Barat	Kepulauan Mentawai	2	9698.96	10218797	20437594
112	2/20/2008	Aceh	Simeulue	5	9698.96	10218797	51093985
113	1/23/2008	Sumatera Utara	Nias	1	9698.96	10218797	10218797
114	11/9/2009	Nusa Tenggara Barat	Kota Bima	2	10389.94	10946812	21893623
115	10/1/2009	Jambi	Kerinci	4	10389.94	10946812	43787246
116	9/30/2009	Sumatera Barat	Padang	385	10389.94	10946812	4214522468
117	9/30/2009	Sumatera Barat	Padang Pariaman	81	10389.94	10946812	886691740
118	9/30/2009	Sumatera Barat	Pariaman	48	10389.94	10946812	525446957
119	9/30/2009	Sumatera Barat	Pasaman Barat	6	10389.94	10946812	65680870
120	9/30/2009	Sumatera Barat	Tanah Datar	666	10389.94	10946812	7290576528

Lampiran A (Lanjutan)

No	Tanggal	Provinsi	Kabupaten/Kota	Banyak Korban	Nilai Rupiah	Nilai Santunan	Ganti Rugi
121	9/30/2009	Sumatera Barat	Kepulauan Mentawai	10	10389.94	10946812	1094681116
122	9/30/2009	Sumatera Barat	Solok	4	10389.94	10946812	43787246
123	9/22/2009	Jawa Barat	Bandung	23	10389.94	10946812	251776667
124	9/22/2009	Jawa Barat	Gantung	9	10389.94	10946812	98521304
125	9/22/2009	Jawa Barat	Tasikmalaya	6	10389.94	10946812	65680870
126	9/22/2009	Jawa Barat	Ciamis	9	10389.94	10946812	98521304
127	9/22/2009	Jawa Barat	Cianjur	70	10389.94	10946812	766276812
128	9/22/2009	Jawa Barat	Sukabumi	2	10389.94	10946812	21893623
129	9/22/2009	Jawa Barat	Kota Tasikmalaya	6	10389.94	10946812	65680870
130	9/22/2009	Jawa Barat	BoGOR	2	10389.94	10946812	21893623
131	2/12/2009	Sulawesi Utara	Kepulauan Talaud	1	10389.94	10946812	10946812
132	1/4/2009	Papua Barat	Manokwari	1	10389.94	10946812	10946812
133	1/4/2009	Papua Barat	Sorong	4	10389.94	10946812	43787246
134	6/16/2010	Papua	Biak Numfor	17	9090.43	9577652	162820076
135	6/16/2010	Sulawesi Barat	Mamuju Utara	1	9090.43	9577652	9577652
136	1/10/2010	Jawa Barat	Tasikmalaya	1	9090.43	9577652	9577652
137	9/6/2011	Aceh	Ach Singkil	1	8770.43	9240500	9240500
138	9/6/2011	Aceh	Subulussalam	1	8770.43	9240500	9240500
139	9/6/2011	Aceh	Dairi	1	8770.43	9240500	9240500
140	6/26/2011	Papua	Warcopen	2	8770.43	9240500	18481001
141	8/18/2012	Sulawesi Tengah	Pangi Moutong	6	9386.63	9889727	99338362
142	7/25/2012	Aceh	Simeulue	1	9386.63	9889727	9889727
143	1/21/2012	Nusa Tenggara Timur	Manggarai Barat	15	9386.63	9889727	148345905
144	6/27/2012	Nusa Tenggara Timur	Manggarai Barat	43	9386.63	9889727	425258261
145	7/2/2013	Aceh	Bener Meriah	9	10461.24	11021933	99197398
146	7/2/2013	Aceh	Ach Tengah	35	10461.24	11021933	385707658
147	10/22/2013	Aceh	Pidie	1	10461.24	11021933	11021933
148	1/22/2013	Aceh	Pidie	1	10461.24	11021933	11021933
149	6/11/2015	Nusa Tenggara Timur	Sumba Timur	23	13389.41	14107045	324462030
150	12/27/2016	Aceh	Pidie Jaya	97	13308.33	14021619	1360097054
151	12/27/2016	Aceh	Bireuen	2	13308.33	14021619	28043238
152	12/27/2016	Aceh	Pidie	6	13308.33	14021619	84129715
153	11/6/2016	Jawa Barat	Kota Bandung	1	13308.33	14021619	14021619
154	6/22/2016	Sumatera Barat	Padang	1	13308.33	14021619	14021619

Lampiran A (Lanjutan)

No	Tanggal	Provinsi	Kabupaten/Kota	Banyak Korban	Nilai Rupiah	Nilai Santunan	Ganti Rugi
155	2/12/2016	Nusa Tenggara Timur	Sumba Barat	2500	13.308.33	14.021.69	35.054.077.80
156	1/17/2016	Maluku	Kota Pekalongan	1	13.308.33	14.021.69	14.021.69
157	12/15/2017	Jawa Tengah	Ciamis	1	13.380.83	14.098.005	14.098.005
158	12/15/2017	Iawa Barat	Kota Banjar	1	13.380.83	14.098.005	14.098.005
159	12/15/2017	Jawa Barat	Bantul	1	13.380.83	14.098.005	14.098.005
160	12/15/2017	DI Yogyakarta	Pulau Morotai	1	13.380.83	14.098.005	14.098.005
161	11/18/2017	Maluku Utara	Sumenep	4	14.236.94	15.000.000	600.000.000
162	10/11/2018	Jawa Timur	Jember	1	14.236.94	15.000.000	15.000.000
163	10/11/2018	Nusa Tenggara Barat	Lombok Timur	9	14.236.94	15.000.000	13.500.000
164	8/19/2018	Nusa Tenggara Barat	Lombok Tengah	1	14.236.94	15.000.000	15.000.000
165	8/19/2018	Nusa Tenggara Barat	Sumbawa	5	14.236.94	15.000.000	750.000.000
166	8/19/2018	Nusa Tenggara Barat	Sumbawa Barat	2	14.236.94	15.000.000	300.000.000
167	8/19/2018	Nusa Tenggara Barat	Tabanan	3	14.236.94	15.000.000	45.000.000
168	8/7/2018	Bali	Lombok Utara	464	14.236.94	15.000.000	6.960.000.000
169	8/5/2018	Nusa Tenggara Barat	Lombok Barat	44	14.236.94	15.000.000	6.600.000.000
170	8/5/2018	Nusa Tenggara Barat	Lombok Tengah	2	14.236.94	15.000.000	300.000.000
171	8/5/2018	Nusa Tenggara Barat	Kota Mataram	9	14.236.94	15.000.000	1.350.000.000
172	8/5/2018	Nusa Tenggara Barat	Kota Dempasar	2	14.236.94	15.000.000	300.000.000
173	8/5/2018	Bali	Lombok Timur	17	14.236.94	15.000.000	255.000.000
174	7/29/2018	Nusa Tenggara Barat	Lombok Utara	5	14.236.94	15.000.000	750.000.000
175	7/29/2018	Nusa Tenggara Barat	Solok	1	14.236.94	15.000.000	150.000.000
176	7/21/2018	Sumatera Barat	Banjarnegara	2	14.236.94	15.000.000	300.000.000
177	4/18/2018	Jawa Tengah	Lebak	2	14.236.94	15.000.000	150.000.000
178	1/23/2018	Banten	Palu	3624	14.236.94	15.000.000	54.360.000.000
179	9/28/2018	Sulawesi Tengah	Donggala	212	14.236.94	15.000.000	31.800.000.000
180	9/28/2018	Sulawesi Tengah	Sigi	289	14.236.94	15.000.000	43.350.000.000
181	9/28/2018	Sulawesi Tengah	Lampung - Banten	431	14.236.94	15.000.000	64.650.000.000
182	12/22/2018	Selat Sunda	Pandeglang	2	1.3945	14.692.413	29.384.826
183	8/22/2019	Banten	Lombok Timur	5	1.3945	14.692.413	73462064
184	3/17/2019	Nusa Tenggara Barat					

Lampiran B
Data Kerugian Korban Jiwa Akibat Gempa Bumi di
Indonesia Diurutkan Terbesar Hingga Terkecil

No	Tanggal	Kerugian Korban Jiwa
1	12/26/2004	1.21235E+12
2	9/28/2018	54360000000
3	5/27/2006	39980918751
4	2/12/2016	35054047780
5	5/27/2006	10084494351
6	9/30/2009	7290576528
7	3/28/2005	7014272351
8	8/5/2018	6960000000
9	12/22/2018	6465000000
10	12/12/1992	5346795028
11	9/28/2018	4335000000
12	9/30/2009	4214522468
13	9/28/2018	3180000000
14	5/27/2006	2345006820
15	5/27/2006	2103750975
16	3/28/2005	1687106323
17	12/27/2016	1360097054
18	9/30/2009	886691740
19	6/4/2000	878442169
20	1/22/1981	869300454
21	9/7/1994	858263170
22	6/4/2000	834076403
23	5/27/2006	810619642
24	9/2/2009	766276812
25	8/5/2018	660000000
26	4/2/2003	542210405
27	9/30/2009	525446957
28	9/6/1994	471247947
29	2/16/1994	471247947
30	8/12/1989	456907910
31	6/27/2012	425258261
32	9/7/1996	409661556
33	2/17/1996	404725875
34	7/2/2013	385767658
35	3/28/2005	378320812
36	2/6/2004	376717890
37	2/17/1996	375111787
38	6/2/2004	348464048
39	11/29/1998	348160623
40	6/11/2015	324462030
41	11/12/2004	310792259
42	11/26/2004	291956365
43	7/29/2018	255000000
44	9/2/2009	251776667
45	3/28/2005	224947510
46	5/27/2006	212305144

Lampiran B (Lanjutan)

No	Tanggal	Kerugian Korban Jiwa
47	11/26/1987	204370778
48	10/7/1995	199006851
49	9/12/1976	193261333
50	3/6/2007	163725843
51	3/6/2007	163725843
52	6/16/2010	162820076
53	1/21/2012	148345905
54	8/19/2018	135000000
55	8/5/2018	135000000
56	3/6/2007	134833047
57	5/27/2006	115802806
58	9/30/2009	109468116
59	7/2/2013	99197398
60	9/2/2009	98521304
61	9/2/2009	98521304
62	5/19/1995	92396038
63	12/7/2016	84129715
64	9/12/2007	77047455
65	9/12/2007	77047455
66	3/6/2007	77047455
67	3/6/2007	77047455
68	2/26/2004	75343578
69	8/19/2018	75000000
70	7/29/2018	75000000
71	12/21/1998	73852253
72	3/17/2019	73462064
73	1/21/2007	67416523
74	9/30/2009	65680870
75	9/2/2009	65680870
76	9/2/2009	65680870
77	3/25/2003	63257881
78	9/7/1968	62434062
79	10/11/2018	60000000
80	8/18/2012	59338362
81	9/28/1998	52751610
82	3/28/2005	51124434
83	2/20/2008	51093985
84	12/18/2006	48251169
85	5/27/2006	48251169
86	5/27/2006	48251169
87	3/23/2006	48251169
88	9/12/2007	48154660
89	7/8/1991	47261589
90	6/29/2004	47089736
91	8/7/2018	45000000
92	10/1/2009	43787246

Lampiran B (Lanjutan)

No	Tanggal	Kerugian Korban Jiwa
93	9/30/2009	43787246
94	1/4/2009	43787246
95	3/14/2006	38600935
96	9/12/2007	38523728
97	3/6/2007	38523728
98	9/7/1965	36839026
99	8/19/2018	30000000
100	8/5/2018	30000000
101	8/5/2018	30000000
102	4/18/2018	30000000
103	11/20/1994	29595282
104	11/2/2002	29430731
105	6/16/2002	29430731
106	8/2/2019	29384826
107	11/25/2007	28892796
108	9/12/2007	28892796
109	9/12/2007	28892796
110	3/6/2007	28892796
111	12/7/2016	28043238
112	11/2/2000	26619460
113	1/1/1996	24678407
114	5/30/1979	22319445
115	2/23/1969	21982252
116	11/9/2009	21893623
117	9/2/2009	21893623
118	9/2/2009	21893623
119	2/25/2008	20437594
120	10/11/2002	19620487
121	10/10/2002	19620487
122	3/6/2007	19261864
123	2/22/2004	18835895
124	6/26/2011	18481001
125	1/21/1994	18212481
126	5/27/2003	18073680
127	11/2/1979	17067811
128	10/11/2018	15000000
129	8/19/2018	15000000
130	7/21/2018	15000000
131	1/23/2018	15000000
132	12/15/2017	14098005
133	12/15/2017	14098005
134	12/15/2017	14098005
135	12/15/2017	14098005
136	11/18/2017	14098005
137	11/6/2016	14021619
138	6/2/2016	14021619
139	1/17/2016	14021619

Lampiran B (Lanjutan)

No	Tanggal	Kerugian Korban Jiwa
140	4/18/1990	13591056
141	4/11/1967	11189392
142	9/12/1979	11159723
143	10/22/2013	11021933
144	1/22/2013	11021933
145	2/12/2009	10946812
146	1/4/2009	10946812
147	12/25/1982	10453054
148	4/10/2005	10224887
149	3/28/2005	10224887
150	3/28/2005	10224887
151	3/28/2005	10224887
152	9/9/2008	10218797
153	1/23/2008	10218797
154	10/4/1972	10056585
155	7/25/2012	9889727
156	12/1/2006	9650234
157	5/27/2006	9650234
158	11/25/2007	9630932
159	9/12/2007	9630932
160	8/9/2007	9630932
161	3/6/2007	9630932
162	3/6/2007	9630932
163	9/12/1976	9619342
164	6/16/2010	9577652
165	1/10/2010	9577652
166	9/6/2011	9240500
167	9/6/2011	9240500
168	9/6/2011	9240500
169	9/6/1979	8533905
170	1/21/1994	6829680
171	4/26/1987	5195867
172	10/9/1994	4553120
173	10/8/1994	4553120
174	10/4/1972	4372428
175	11/15/1990	3883159
176	11/15/1990	3883159
177	9/12/1976	3497943
178	9/7/1984	3242783
179	9/7/1983	2873981
180	2/19/1967	2521553
181	11/20/1958	853414
182	10/20/1958	853414
183	7/14/1955	408374
184	9/6/1952	60055

Lampiran C
Nilai *Threshold*

No	Tanggal	Kerugian Korban Jiwa
1	12/26/2004	1.21235E+12
2	9/28/2018	54360000000
3	5/27/2006	39980918751
4	2/12/2016	35054047780
5	5/27/2006	10084494351
6	9/30/2009	7290576528
7	3/28/2005	7014272351
8	8/5/2018	6960000000
9	12/22/2018	6465000000
10	12/12/1992	5346795028
11	9/28/2018	4335000000
12	9/30/2009	4214522468
13	9/28/2018	3180000000
14	5/27/2006	2345006820
15	5/27/2006	2103750975
16	3/28/2005	1687106323
17	12/27/2016	1360097054
18	9/30/2009	886691740
19	6/4/2000	878442169

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran D

Script Mendapatkan Parameter ξ Menggunakan Estimasi Bayesian

```
1 % Menyelesaikan Distribusi Poterior
2 clear;
3 clc;
4
5 data = xlsread('GPD');
6
7 pembilang = @(xi)1.50705e-6*4.54531e-32*4.0962e
8     -181*sum((1+((xi*(data-878442169))/3119500000))
9         .^(-1-1/xi));
10 penyebut = @(xi) 3119500000*(1+xi)*(sqrt(1+2*xi));
11
12 f= @(xi) pembilang (xi)/ penyebut(xi);
13 Hasil = integral(f,0,inf,'ArrayValued',true)
14
15 % clear dan clc digunakan untuk memunculkan hasil
16     yang baru ketika run
17 clear;
18 clc;
19
20 data = xlsread('GPD');
21
22 pembilang = @(xi) xi*1.5070e-6*6.5484e+227*(1.50705
23     e-6*4.54531e-32*4.0962e-181*sum((1+((xi*(data
24         -878442169))/3119500000)).^(-1-1/xi));
25 penyebut = @(xi) 3119500000*(1+xi)*(sqrt(1+2*xi));
26
27 f= @(xi) pembilang (xi)/ penyebut(xi);
28 Hasil = integral(f,0,inf,'ArrayValued',true)
```

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran E

Script Simulasi Monte Carlo untuk $x < u$

```
1 clc; clear; cla; tic;
2
3 Data = xlsread('LOG');
4 mu = 17,405 ;
5 sigma = 1.589;
6 p = [0.9 0.95 0.975 0.98 0.99];
7 HASIL = []; idx_SIM = 1;
8
9 for garis = 1:length(Data)
10
11 %% VaR Monte Carlo
12 MAX_ITERASI = 1000;
13 for g = 1:length(MAX_ITERASI)
14     for t = 1:length(p)
15         for s = 1:MAX_ITERASI(g)
16             FX = rand([1 165]);
17             idx = find(FX>=p(t));
18             if length(idx) ~=0
19                 result(s) = min((logninv(FX(idx),mu,sigma
19 ))));
20             end
21         end
22         Finv(t) = mean(result); %Monte Carlo
23     end
24     plot(p,Finv,'-o');
25     hold on;
26 end
27 HASIL(idx_SIM,:) = Finv;
28 idx_SIM = idx_SIM + 1;
29 end
30
31 HASIL
32 grid on
33 xlabel('p'); ylabel('Value at Risk')
34 toc;
```

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran F

Script Simulasi Monte Carlo untuk $x \geq u$

```
1 clc; clear; cla; tic;
2 %inisialisasi Parameter GPD
3
4 %parameter bentuk(shape)
5 xi= 1.4566;
6 %parameter skala(scale)
7 sigma= 3119500000;
8 %threshold
9 u= 878442169;
10 %tingkat kepercayaan
11 p = [0.9 0.95 0.975 0.98 0.99];
12
13 result = u + (((((1-p).^( -xi))-1)*sigma)/xi)
14
15 result
16 plot(p,result,'-o');
17 hold on;
18 grid on
19 xlabel('p'); ylabel('Value at Risk')
20
```

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Khoirunisa Savira Oktaviana atau yang biasa dipanggil Nisa lahir di Surabaya, 25 Oktober 1997. Penulis yang merupakan anak ketiga dari tiga ber-saudara ini mempuh pendidikan mulai dari TK Swasta Al-Falah Surabaya (2002-2003), SD Swasta Al-Falah Surabaya (2003-2009), SMP Negeri 12

Surabaya (2009-2012), SMA Negeri 17 Surabaya (2012-2015). Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang S1 di Departemen Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2015-sekarang dengan NRP 06111540000108. Penulis mengikuti kegiatan organisasi mahasiswa yaitu Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA ITS) sebagai Kepala Departemen Applied Science periode 2017 - 2018. Di Departemen Matematika ITS, penulis mengambil bidang minat Matematika Terapan yang terdiri atas Pemodelan Matematika serta Riset Operasi dan Pengolahan Data. Penulis secara khusus mengambil bidang minat Riset Operasi dan Pengolahan Data. Apabila ingin memberikan kritik dan saran mengenai Tugas Akhir ini dapat menghubungi e-mail penulis di khoirunisaviraa@yahoo.co.id. Terima kasih dan semoga bermanfaat.