

**TUGAS AKHIR - KA184801**

# **PEMODELAN DISTRIBUSI KERUGIAN SIBER DENGAN PENDEKATAN COPULA DAN PERHITUNGAN PREMI MURNI ASURANSI SIBER**

**PUTRI LATHIFAH IDELLIE**

**NRP 06311840000053**

**Dosen Pembimbing:**

**R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D**

**NIP. 1971091 5199702 1 001**

**PROGRAM STUDI SARJANA SAINS AKTUARIA**

**DEPARTEMEN AKTUARIA**

**FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2022**





**TUGAS AKHIR - KA184801**

**PEMODELAN DISTRIBUSI KERUGIAN SIBER DENGAN  
PENDEKATAN COPULA DAN PERHITUNGAN PREMI  
MURNI ASURANSI SIBER**

**PUTRI LATHIFAH IDELLIE**

**NRP 06311840000053**

**Dosen Pembimbing:**

**R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D**

**NIP. 19710915 199702 1 001**

**PROGRAM STUDI SARJANA SAINS AKTUARIA**

**DEPARTEMEN AKTUARIA**

**FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2022**





**FINAL PROJECT - KA184801**

# **COPULA MODELING ON CYBER LOSS DISTRIBUTION AND RATE MAKING CYBER INSURANCE PURE PREMIUM**

**PUTRI LATHIFAH IDELLIE**

**NRP 06311840000040**

Advisor

**R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D**

**NIP. 19710915 199702 1 001**

**UNDERGRADUATE STUDY PROGRAM OF ACTUARIAL SCIENCE**

**DEPARTMENT OF ACTUARIAL SCIENCE**

**FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2022**



## LEMBAR PENGESAHAN




### PEMODELAN DISTRIBUSI KERUGIAN SIBER DENGAN PENDEKATAN COPULA DAN PERHITUNGAN PREMI MURNI ASURANSI SIBER

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Ilmu Aktuaria pada  
Program Studi Sarjana Sains Aktuaria  
Departemen Aktuaria  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh: **PUTRI LATHIFAH IDELLIE**  
NRP. 0631184000053

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- |  |            |   |
|--|------------|---|
| 1. R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D        | Pembimbing | (  ) |
| 2. Ulil Azmi, S.Si, M.Si, M.Sc         | Penguji    | (  ) |
| 3. Pratnya Paramitha, S.Si, M.Si. M.Sc | Penguji    | (  ) |

**SURABAYA**  
**Juli, 2022**





## APPROVAL SHEET

### COPULA MODELING ON CYBER LOSS DISTRIBUTION AND CYBER INSURANCE RATE MAKING PURE PREMIUM

#### FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements  
for obtaining a degree Bachelor of Actuarial Science at  
Undergraduate Study Program of Actuarial Science  
Department of Actuarial Science  
Faculty of Science and Data Analytics  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: **PUTRI LATHIFAH IDELLIE**  
NRP. 0631184000053

Approved by Final Project Examiner Team:

1. R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D

Advisor

(  )

2. Ulil Azmi, S.Si, M.Si, M.Sc

Examiner

(  )

3. Pratnya Paramitha, S.Si, M.Si. M.Sc

Examiner

(  )

**SURABAYA**  
**July, 2022**



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Putri Lathifah Idellie / 06311840000053  
Departemen : Aktuaria FSAD - ITS  
Dosen Pembimbing / NIP : R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D / 19710915 199702 1 001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Pemodelan Distribusi Kerugian Siber dengan Pendekatan Copula dan Perhitungan Premi Murni Asuransi Siber” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 26 Juli 2022

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

Mahasiswa



R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D  
NIP. 19710915 199702 1 001



Putri Lathifah Idellie  
NRP. 06311840000053



## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Putri Lathifah Idellie / 06311840000053  
Department : Actuarial FSAD - ITS  
Advisor / NIP : R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D / 19710915 199702 1 001

hereby declare that the Final Project with the title of “Cyber Loss Distribution Modeling with Copula Approach and Ratemaking Cyber Insurance Pure Premium” is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.


Surabaya, 26<sup>th</sup> July 2022

Acknowledged  
Advisor

Student



R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D  
NIP. 19710915 199702 1 001



Putri Lathifah Idellie  
NRP. 06311840000053



# PEMODELAN DISTRIBUSI KERUGIAN DENGAN PENDEKATAN COPULA DAN PERHITUNGAN PREMI MURNI ASURANSI SIBER

**Nama Mahasiswa / NRP** : Putri Lathifah Idellie / 0631184000053

**Departemen** : Aktuarial FSAD - ITS

**Dosen Pembimbing** : R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D

## Abstrak

Percepatan perkembangan teknologi dan informasi serta kemudahan akses internet mendorong proses digitalisasi semakin luas. Hampir seluruh alat komunikasi baik alat komunikasi pribadi maupun perusahaan menggunakan jaringan internet untuk menerima, mengirimkan serta menyimpan data. Digitalisasi tidak hanya memberikan dampak positif bagi pengguna namun juga terdapat risiko-risiko siber didalamnya. Perkembangan digitalisasi dan meluasnya penggunaan internet membuat risiko atas kerugian yang diakibatkan serangan siber kerap terjadi dan beragam. Beberapa jenis serangan siber yang umumnya terjadi dan dapat terlindungi asuransi diantaranya serangan *ransomware*, *business email compromise* (BEC), *phishing*, dan kelalaian sumber daya manusia (SDM). Salah satu cara untuk mengurangi kerugian atas dampak yang ditimbulkan dari risiko siber yaitu dengan menggunakan jasa asuransi umum berupa produk asuransi siber. Asuransi siber merupakan produk dari asuransi umum yang melindungi pemegang polis dari kejadian tidak menentu terkait kejadian yang berhubungan dengan pengadaan sistem informasi. Perhitungan harga produk asuransi siber berbeda dengan perhitungan premi asuransi tradisional. Asuransi siber tidak memiliki sistem penilaian standar atau tabel aktuarial untuk menentukan harga premi, premi asuransi siber menggunakan variabel *ranking* yang menjadi dasar pengambilan keputusan. Maka dari itu, pada penelitian ini dilakukan perhitungan premi murni asuransi siber dengan metode black scholes dari simulasi Monte Carlo berbasis copula terpilih berdasarkan data historis variabel banyak komputer terpilih ( $x_k$ ) dan besar kerugian dalam dolar ( $y_k$ ) sebagai fungsi distribusi kerugian dan waktu tunggu kejadian serangan siber ( $T$ ) dengan simulasi proses poisson dan menghasilkan distribusi marginal  $x \sim$  Geometri (0,053974) dan  $y \sim$  Lognormal (11,04501; 2,13956), copula Frank dengan parameter  $\hat{\theta}_F = 11,42$  dan didapatkan premi murni asuransi siber sebesar \$0 - \$165.870 untuk tiap perusahaan.

**Kata Kunci:** Asuransi siber, Black Scholes, Copula Archimedean, Distribusi frekuensi, Distribusi kegagalan, Simulasi Monte Carlo, Simulasi proses poisson





# CYBER LOSS DISTRIBUTION MODELING WITH COPULA APPROACH AND CYBER INSURANCE RATEMAKING PREMIUM

**Student Name / NRP** : Putri Lathifah Idellie / 0631184000053  
**Department** : Actuarial Science FSAD - ITS  
**Supervisor** : R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D

## Abstract

The acceleration of the development of technology and information as well as the ease of internet access are driving the wider digitization process. Almost all communication tools, both personal and corporate communication tools, use the internet network to receive, transmit and stores data. Digitization not only has a positive impact on users, but there are also cyber risks in it. The development of digitalization and the widespread use of the internet make the risks of losses caused by cyber attacks frequent and varied. Several types of cyber attacks that generally occur and can be covered by insurance include ransomware attacks, business email compromise (BEC), phishing, and negligence of human resources (HR). One way to reduce losses from the impact of cyber risk is to use general insurance services in the form of cyber insurance products. Cyber insurance is a product of general insurance that protects policyholders from uncertain events related to events related to the procurement of information systems. The calculation of the price of cyber insurance products is different from the calculation of traditional insurance premiums. Cyber insurance does not have a variable rating system or actuarial table to determine premium prices, cyber insurance premiums use rankings which are the basis for making decisions. Therefore, in this study, pure cyber insurance premiums were calculated using the Black Scholes method from selected copula-based Monte Carlo simulations from historical data on selected computer variables ( $x_k$ ) and loss magnitude in dollar ( $y_k$ ) as a function of distribution of losses, and waiting time for cyber attacks ( $T$ ) generated with Poisson process simulation by simulating the Poisson process and producing a marginal distribution of  $x \sim$  Geometry (0.053974) and  $y \sim$  Lognormal (11.04501; 2.13956), Frank's copula with parameter  $\_F= 11.42$  and obtained a pure cyber insurance premium of \$0 - \$165,870 for each company.

**Keywords:** *Archimedean copula, Black Scholes, Cyber Insurance, Frequency distribution, Loss distribution, Monte Carlo simulation, Poisson process simulation*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya kegiatan penelitian dan penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Laporan ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar sarjana pada Departemen Aktuaria Fakultas Sains dan Analitika Data Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Drs. Soehardjoepri, M.Si selaku Kepala Departemen Aktuaria yang telah menyediakan fasilitas terbaik dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan, saran, dukungan, serta motivasi selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Ibu Pratnya Paramitha Oktaviana, S.Si, M.Si, M.Sc dan Ibu Ulil Azmi, S.Si, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan kepada penulis.
5. Ibu Pratnya Paramitha Oktaviana, S.Si, M.Si, M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan arahan selama perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen dan Tenaga pendidik di Departemen Aktuaria ITS yang telah membantu dalam proses perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir.
7. Orang Tua dan Keluarga, atas segala doa, dukungan, dan nasehat yang telah diberikan kepada penulis.
8. Teman-teman Aktuaria ITS angkatan 2018 yang selalu memberikan support dan motivasi selama proses penyelesaian Tugas Akhir.
9. Semua pihak yang turut membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi perbaikan dan kesempurnaan laporan ini. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>APPROVAL SHEET</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	v
<b>STATEMENT OF ORIGINALITY</b> .....	vi
<b>Abstrak</b> .....	vi
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Manfaat .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Kejahatan Siber .....	6
2.3 Faktor Risiko Siber .....	7
2.4 Asuransi Siber .....	7
2.5 Premi Asuransi Murni .....	7
2.6 Statistika Deskriptif .....	8
2.7 Uji Kolmogorov Smirnov .....	8
2.8 Nilai Ekspektasi .....	8
2.9 Distribusi Poisson .....	9
2.10 Distribusi Geometri .....	9
2.11 Distribusi Binomial Negatif .....	9
2.12 Distribusi Eksponensial .....	10
2.13 Distribusi Lognormal .....	10
2.14 Distribusi Weibull .....	11
2.15 Distribusi Gamma .....	11

2.16	Copula .....	12
2.17	Copula Archimedean .....	12
2.17.1	Copula Clayton .....	13
2.17.2	Copula Frank.....	13
2.17.3	Copula Gumbel .....	14
2.18	Transformasi Variabel Acak ke Domain <i>Uniform</i> [0,1] .....	14
2.19	Uji Dependensi .....	15
2.20	Estimasi Parameter Copula .....	15
2.21	Perhitungan Premi dengan Fungsi Copula .....	16
2.22	Pembangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ) dengan Proses Poisson.....	17
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1	Sumber Data.....	19
3.2	Variabel Penelitian .....	19
3.3	Langkah Analisis.....	19
3.4	Diagram Alir .....	20
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1.	Statistika Deskriptif.....	23
4.2	Penentuan Distribusi Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ ).....	25
4.2.1	Penentuan Nilai Parameter .....	25
4.2.2	Uji Kesesuaian Distribusi .....	26
4.2.3	Akaike Information Criterion (AIC).....	26
4.3	Analisis Copula .....	27
4.3.1	<i>Scatterplot</i> Hubungan Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ ).....	27
4.3.2	Uji Korelasi Tau Kendall .....	27
4.3.3	Transformasi ke Uniform [0,1] .....	28
4.3.4	Estimasi Parameter Copula Archimedean.....	29
4.4	Analisis Perhitungan Premi .....	30
4.4.1	Pembangkitan Data Banyak Komputer dan Besar Kerugian Berbasis Copula..	31
4.4.2	Perhitungan Biaya Total Kerugian ( $L$ ) .....	32
4.4.3	Pembangkitan Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ) dengan Proses Poisson.....	32
4.4.3	Perhitungan Premi Murni dengan Data Bangkitan.....	33
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>37</b>
5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran.....	37

DAFTAR PUSTAKA.....	39
BIODATA PENULIS.....	65

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Plot Dependensi Copula Clayton.....	13
<b>Gambar 2.2</b>	Plot Dependensi Copula Frank .....	13
<b>Gambar 2.3</b>	Plot Dependensi Copula Gumbel .....	14
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	21
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian (Lanjutan) .....	22
<b>Gambar 4.1</b>	Histogram data Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) .....	24
<b>Gambar 4.2</b>	Histogram data Besar Kerugian dalam dolar ( $y$ ) .....	24
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik <i>Scatterplot</i> Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ ).....	28
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik <i>Scatterplot</i> Uniform Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ ).....	28
<b>Gambar 4.5</b>	<i>Scatterplot</i> Copula Clayton $\hat{\theta}_C=3,44$ .....	29
<b>Gambar 4.6</b>	<i>Scatterplot</i> Copula Gumbel $\hat{\theta}_G=2,59$ .....	29
<b>Gambar 4.7</b>	<i>Scatterplot</i> Copula Frank $\hat{\theta}_F=11,42$ .....	30
<b>Gambar 4.8</b>	Hasil Bangkitan Data $x_k$ .....	32
<b>Gambar 4.9</b>	Hasil Bangkitan Data $y_k$ .....	32
<b>Gambar 4.10</b>	Hasil Perhitungan Biaya Total Kerugian ( $L$ ).....	33
<b>Gambar 4.11</b>	<i>Scatterplot</i> Hasil Bangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ).....	33
<b>Gambar 4.12</b>	<i>Scatterplot</i> Hasil Perhitungan Premi Murni (\$) .....	34
<b>Gambar 4.13</b>	<i>Scatterplot</i> Perhitungan Premi Tanpa <i>Outlier</i> .....	34

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Penelitian Terdahulu .....	5
<b>Tabel 2.1</b>	Penelitian Terdahulu (Lanjutan) .....	6
<b>Tabel 2.2</b>	Tabel Estimasi Parameter Copula Archimedean .....	16
<b>Tabel 3.1</b>	Variabel Penelitian.....	19
<b>Tabel 3.2</b>	Struktur Data Penelitian.....	19
<b>Tabel 4.1</b>	Statistika Deskriptif Variabel Penelitian .....	23
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Uji Normalitas Variabel $x$ dan $y$ .....	25
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Dugaan Parameter Distribusi Frekuensi.....	25
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Dugaan Parameter Distribusi Kegagalan .....	26
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Uji <i>Chi Square</i> untuk variabel $x$ .....	26
<b>Tabel 4.6</b>	Hasil Uji Kolmogorov Smirnov untuk variabel $y$ .....	26
<b>Tabel 4.7</b>	Nilai <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC) Distribusi Kegagalan.....	27
<b>Tabel 4.8</b>	Hasil Uji Korelasi .....	27
<b>Tabel 4.9</b>	Hasil Estimasi Parameter Copula .....	28
<b>Tabel 4.10</b>	Statistika Deskriptif Premi Murni.....	27
<b>Tabel 4.11</b>	Statistika Deskriptif Premi Murni Tanpa <i>Outlier</i> .....	28
<b>Tabel 4.12</b>	Nilai Premi Observasi ke-10,50,100 dan 250.....	35

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Data Penelitian .....	43
<b>Lampiran 2</b> <i>Syntax</i> RStudio.....	47
<b>Lampiran 3</b> Pembangkitan Data Banyak Komputer Terpengaruh ( $x_k$ ).....	51
<b>Lampiran 4</b> Pembangkitan Data Besar Kerugian ( $y_k$ ).....	53
<b>Lampiran 5</b> Pembangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ).....	57
<b>Lampiran 6</b> Hasil Perhitungan Premi dari Pembangkitan Data .....	61

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Percepatan perkembangan teknologi dan informasi serta kemudahan akses internet mendorong proses digitalisasi semakin luas. Hampir seluruh alat komunikasi baik alat komunikasi pribadi maupun perusahaan menggunakan jaringan internet untuk menerima, mengirimkan serta menyimpan data. Digitalisasi tidak hanya memberikan dampak positif bagi pengguna namun juga terdapat risiko-risiko siber didalamnya. Risiko siber termasuk dalam kegagalan dalam pengamanan serta terjadinya penyerangan sistem seperti peretasan, *ransomware*, penipuan *Business email compromise*, *phishing*, dan *human error*. Selain kerugian secara finansial serangan siber juga menyebabkan kerugian atas hilangnya potensi pendapatan, produktivitas, dan biaya legalitas hukum, serta kerugian-kerugian tidak berwujud seperti hilangnya niat baik pelanggan, reputasi, dan peluang bisnis (NetDiligence®, 2021).

Dalam bidang asuransi, risiko dapat diartikan sebagai suatu keadaan ketidakpastian, dimana jika terjadi suatu keadaan yang tidak dikehendaki dapat menimbulkan suatu kerugian. Untuk mengantisipasi terjadinya kerugian tersebut perlu dipersiapkan upaya untuk menanggulunginya. Oleh karena itu, setiap risiko yang dihadapi oleh perusahaan harus ditanggulangi sebelum mengalami kerugian yang lebih besar. Salah satu cara menanggulunginya adalah dengan menggunakan asuransi. Asuransi atau pertanggungan adalah suatu perjanjian, dimana seorang penanggung mengikatkan diri kepada seorang tertanggung, dengan menerima suatu premi, untuk memberikan penggantian kepadanya karena suatu kerugian, kerusakan atau kehilangan keuntungan yang diharapkan, yang mungkin akan dideritanya karena suatu peristiwa yang tak tertentu (Otoritas Jasa Keuangan, 2016). Untuk menghindari risiko-risiko siber maka perusahaan menggunakan jasa asuransi umum yaitu, produk asuransi siber. Asuransi dapat memberikan perlindungan, maka tertanggung harus mengajukan klaim pada pihak penanggung yaitu perusahaan asuransi.

Di dalam konteks asuransi, menghitung distribusi menggambarkan jumlah kejadian seperti kerugian yang dialami tertanggung. Untuk memodelkan distribusi kerugian pada penelitian ini digunakan metode copula. Metode copula dipilih karena dapat memodelkan variabel multivariat yang tidak saling bebas atau dependen. Metode ini bersifat fleksibel karena tidak mensyaratkan asumsi normalitas dari data dan dapat menggabungkan beberapa distribusi marginal menjadi distribusi bersama. Selain itu, metode copula dipilih karena distribusi kejadian serangan siber mengikuti distribusi risiko *long-tail* (Cowbell Cyber, 2020). Copula mempunyai kemampuan untuk mendeskripsikan struktur dependensi antar variabel dengan marginal yang berbeda dan memodelkan dependensi *tail*-nya. Copula memiliki banyak keluarga, beberapa keluarga copula yang paling populer adalah keluarga copula Ellips dan keluarga copula Archimedean. copula Ellips terbagi menjadi dua kelas yaitu copula Gaussian dan copula Student's T, sedangkan Copula Archimedean terdiri dari tiga kelas Copula yaitu copula Clayton, copula Frank, dan copula Gumbel (Nahliyani, 2018).

Premi merupakan jumlah uang yang harus dibayarkan nasabah pada waktu tertentu kepada perusahaan asuransi. Premi yang dibebankan pada tertanggung adalah premi murni yaitu jumlah uang yang harus dibayarkan oleh perusahaan asuransi untuk menutupi klaim, termasuk biaya untuk mengelola dan menyelidiki klaim tersebut (Kagan, 2021). Perhitungan premi produk asuransi siber berbeda dengan perhitungan premi asuransi tradisional yang bergantung pada tabel aktuaria yang dibangun dari catatan sejarah. Asuransi siber tidak memiliki sistem penilaian standar atau tabel aktuaria untuk menentukan harga premi (Jeremy, 2021). Klasifikasi dan urutan risiko saat penentuan premi didasarkan pada dua jenis informasi. Pertama, perusahaan asuransi telah menyediakan banyak variabel *ranking* yang menjadi dasar pengambilan keputusan. Kedua,

perusahaan asuransi telah menyediakan riwayat pengalaman kerugian pemegang polis, dan riwayat ini dapat memberikan wawasan kepada pemegang polis yang tidak tersedia dari variabel *ranking* (Casualty Actuarial Society, 2019).

Berdasarkan pendahuluan yang telah diuraikan di atas maka, pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan distribusi kerugian siber dengan struktur dependensi menggunakan metode copula yang paling sesuai dan perhitungan premi asuransi siber. Penelitian ini menggunakan data “*Dataset of Data Breaches and Ransomware Attacks over 15 Years from 2004 to 2020*” dengan data yang diteliti adalah banyak kejadian serta besar kerugian dari kejadian-kejadian serangan siber di Amerika Serikat pada tahun 2004-2020. Pada penelitian ini variabel yang akan digunakan yaitu data banyaknya komputer terpengaruh *ransomware* dan kerugian akibat serangan *ransomware* sebagai titik awal untuk menggambarkan distribusi kerugian siber (Aisyah, 2021) dan kemudian melakukan perhitungan premi siber dari data yang tersedia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana melakukan perhitungan premi asuransi siber dari bangkitan data berbasis copula terpilih?
2. Berapa rentang premi yang didapatkan dari hasil perhitungan premi asuransi siber dengan pembangkitan data berbasis copula?

## 1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan agar penelitian tidak terlalu luas dan tidak menyimpang dari rumusan masalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan adalah data banyak komputer terpengaruh *ransomware*, besar kerugian siber akibat *ransomware*, data dari kejadian serangan *ransomware* di Amerika Serikat dari tahun 2004-2020 yaitu “*Dataset of Data Breaches and Ransomware Attacks over 15 Years from 2004 to 2020*”.
2. Pemodelan hubungan dependensi dilakukan dengan metode copula Archimedean dimana pemodelan dilakukan dengan asumsi suatu kejadian pada satu perusahaan tidak mempengaruhi perusahaan lain.
3. Distribusi Frekuensi pada variabel banyak computer terpengaruh dilakukan dengan distribusi Poisson, Geometri atau Binomial Negatif dan distribusi kegagalan dengan distribusi Eksponensial, Lognormal atau Weibull dengan pemilihan distribusi terbaik dipilih dari nilai *Akaike Criteria Information (AIC)* terkecil.
4. Nilai model kerugian merupakan fungsi dari bangkitan data banyak komputer terpengaruh serta besar kerugian yang diperoleh dari bangkitan data berbasis copula terpilih.

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui perhitungan premi dari hasil simulasi data banyak komputer terpengaruh *ransomware* dan besar kerugian siber data berbasis copula.
2. Mengetahui rentang premi asuransi siber berdasarkan perhitungan premi dari hasil simulasi data banyak komputer terpengaruh dan besar kerugian siber data berbasis copula.



## 1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis maupun praktis sebagai berikut.

1. Memberikan gambaran kepada pihak perusahaan asuransi mengenai model kerugian serangan siber serta perhitungan harga premi produk asuransi umum siber dengan variabel banyak komputer terpengaruh virus serata besar kerugian .
2. Memberikan informasi kepada pihak perusahaan mengenai produk asuransi siber serta informasi risiko siber berdasarkan model copula distribusi serangan siber akibat *ransomware* bagi pihak perusahaan yang memiliki aset perusahaan berupa unit komputer.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini diuraikan pada Tabel berikut.

**Tabel 2.1** Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Variabel	Teknik Analisis	Hasil
1.	Model Aktuarial Berbasis Copula Untuk Penetapan Harga Premi Asuransi Siber (Cut Emi Aisyah, 2021)	Banyaknya komputer dan Besarnya kerugian siber	Distribusi marginal, copula archimedean, simulasi monte carlo	Pemodelan dan penetapan harga premi asuransi siber dengan mempertimbangkan dua elemen risiko fundamental pada kontrak asuransi.
2.	Model Distribusi Data Klaim Asuransi Mobil untuk Menentukan Premi Murni (Chrisan Kireina Waha, Altien J. Rindengan, Tohap Manurung, 2019)	Data banyaknya klaim dan Data besarnya klaim asuransi mobil	Binomial Negatif dan Log-logistik	Data banyaknya klaim berdistribusi binomial negatif dengan nilai $(N)=0.25645$ , dan data besarnya klaim berdistribusi log-logistik dengan nilai $E(X)=4,785,960$ . Sehingga didapat nilai premi murni yaitu $E(S)=Rp.1,227,359.42$
3.	Pemodelan Copula Clayton Untuk Prediksi Klaim Pada Data Longitudinal Dengan Excess Zeros (Anaviroh dan Adhitya, 2015)	Waktu klaim dan Jumlah klaim asuransi mobil	<i>Autoregressive</i> dan Copula	Karakteristik copula Clayton dan ekspektasi jumlah klaim yang akan diajukan pada tahun 2012, berdasarkan nilai parameter dari data adalah 160, 6832 klaim.
4.	Penentuan Net Premium Asuransi Non-Life Menggunakan Model Copula Berbasis Regresi (Al Rizza Usfatul, 2015)	frekuensi dan severitas klaim asuransi umum	<i>Generalized Linear Model</i> (GLM) dan copula	Pemilihan copula terbaik digunakan dalam membangun distribusi kehilangan agregat. Premi Murni dari suatu kelompok kebijakan diperoleh berdasarkan estimasi nilai rata-rata dari distribusi kerugian agregat.

**Tabel 2.1** Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

5. Pemodelan dan perhitungan premi asuransi keamanan siber dengan model markov dan model non-markov (Ivander Jeremy, 2021)	Banyaknya komputer dan Besarnya kerugian siber	Simulasi Monte Carlo, distribusi Eksponensial, distribusi Weibull, distribusi Lognormal, dan distribusi Gauss Invers, perhitungan besar premi	Pemodelan proses infeksi dan pemulihan suatu simpul dan berbagai simpul lainnya yang saling terkoneksi dalam jaringan komputer di suatu perusahaan dengan model Markov dan model non-Markov pada kasus tidak adanya ketergantungan (independen) antara risiko keamanan siber
--	--	---	--

## 2.2 Kejahatan Siber

Siber adalah sesuatu yang berhubungan dengan sistem komputer dan informasi. Dalam perkembangannya, siber dapat diartikan yang berhubungan dengan internet. Istilah Siber berhubungan dengan semua aspek komputasi, termasuk menyimpan data, melindungi data, mengakses data, memproses data, mentransmisikan data dan menghubungkan data. Istilah siber dalam bahasa Indonesia berasal dari bahasa Inggris *Cyber* yang merupakan kata singkatan dari *cybernetics* yaitu ilmu komunikasi dan sistem kontrol otomatis pada mesin dan makhluk hidup (sibernetika).

*Cybercrime* atau kejahatan siber adalah penggunaan komputer atau alat lainnya yang terhubung dengan jaringan internet sebagai instrumen untuk tujuan ilegal seperti melakukan penipuan, pencurian kekayaan intelektual atau identitas, dan melakukan pelanggaran privasi. Kejahatan siber, terutama melalui internet, semakin sering ditemui seiring perkembangan fungsi internet sebagai pusat perdagangan, hiburan, dan alat bantu pemerintahan. Perkembangan teknologi serta jaringan internet berawal mula dari Amerika Serikat. Dulu, sebagian besar korban dan pelaku kejahatan siber adalah orang Amerika namun, saat ini hampir semua bagian di dunia berisiko mengalami kejahatan siber.

Teknologi baru tidak hanya memberikan dampak positif namun juga menciptakan peluang kriminal. Hal yang membedakan kejahatan siber dari kegiatan kriminal tradisional adalah seiring bertambahnya peluang kejahatan siber, karena pertumbuhan jumlah pengguna, jenis kejahatan siber tidak terlalu berkembang. Pada umumnya, kejahatan siber merupakan perpanjangan dari perilaku kriminal tradisional yang melibatkan media internet seperti pencurian secara digital, penipuan secara digital, pencucian uang secara digital dan perdagangan ilegal secara digital.

Mayoritas kejahatan siber adalah serangan terhadap informasi tentang individu, perusahaan, atau pemerintah. Meskipun serangan tidak terjadi secara fisik namun, kumpulan identitas informasi digital merupakan bagian yang vital bagi perseorangan maupun institusi perusahaan. Identitas informasi virtual baik merupakan kumpulan angka dan pengenal di database-database komputer yang dimiliki oleh pemerintah dan perusahaan digital yang menghimpun berbagai input dari informasi-informasi personal. Kejahatan siber juga dapat diartikan sebagai kejahatan yang melibatkan pelanggaran mendasar terhadap privasi pribadi atau perusahaan, seperti serangan terhadap integritas informasi yang disimpan dalam penyimpanan digital dan penggunaan informasi digital yang diperoleh secara ilegal untuk memeras perusahaan atau individu (Merriam-Webster, 2022)

### **2.3 Faktor Risiko Siber**

Risiko adalah keadaan yang tidak pasti ketika suatu hal yang tidak diinginkan terjadi dan bisa menimbulkan suatu kerugian. Seiring berkembangnya teknologi, perkembangan siber tidak hanya memberikan kemudahan serta pengaruh positif namun juga terdapat risiko-risiko akibat penyalahgunaan serta pemanfaatan teknologi ilegal yang menyertainya. Terdapat tiga komponen risiko (Naron, 2008), yaitu:

1. Risiko memiliki unsur ketidakpastian.
2. Risiko menimbulkan suatu implikasi kerugian.
3. Risiko timbul karena adanya satu atau beberapa sebab.

Penyebab-penyebab serangan siber salah satunya adalah akibat ransomware yaitu bentuk malware yang mengenkripsi semua file komputer. Pengguna komputer tidak akan menyadari bahwa sesungguhnya sedang mengunduh ransomware. Seringkali ransomware masuk ke kotak email yang tampak seperti file aman dari pengirim yang tampak biasa-biasa saja. Pada umumnya setelah file tersebut dibuka, file tidak bisa diakses, dan untuk mengendalikan kembali komputer, pengguna diharuskan membayar tebusan. Penetapan premi asuransi siber didasarkan pada banyak faktor. Premi dihitung berdasarkan sektor industri perusahaan, jenis layanan, tingkat sensitivitas yang disimpan/dikumpulkan/diproses, risiko dan eksposur data, prosedur keamanan komputer dan jaringan, kebijakan privasi dan protokol keamanan, pendapatan kotor tahunan, dan tingkatan faktor lainnya (Marciano, 2020).

### **2.4 Asuransi Siber**

Istilah asuransi berasal dari Bahasa Latin yaitu *assecurare* yang artinya meyakinkan orang. Asuransi atau pertanggungan adalah suatu perjanjian, dimana seorang penanggung mengikatkan diri kepada seorang tertanggung, dengan menerima suatu premi, untuk memberikan penggantian kepada tertanggung karena suatu kerugian, kerusakan atau kehilangan keuntungan yang diharapkan, yang mungkin akan dialami karena suatu peristiwa yang tak tertentu dimana penanggung menerima premi dan mengganti kerugian yang dialami di masa depan. Kegiatan asuransi sejalan dengan perkembangan ekonomi masyarakat. Sehingga, usaha asuransi pun semakin berkembang. Beberapa tujuan asuransi adalah sebagai pengalihan risiko, pembayaran ganti rugi, dan pembayaran berupa santunan. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 40 tahun 2014 tentang perasuransian, asuransi umum adalah jasa pertanggungan risiko yang memberikan penggantian kepada tertanggung atau pemegang polis karena kerugian, kerusakan, biaya yang timbul, kehilangan keuntungan, atau tanggung jawab hukum kepada pihak ketiga yang mungkin diderita tertanggung atau pemegang polis karena terjadinya suatu peristiwa yang tidak pasti.

Asuransi siber merupakan produk asuransi yang digunakan untuk melindungi bisnis dari risiko siber. Asuransi siber dirancang untuk membantu perusahaan dalam memitigasi risiko dengan mengimbangi biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pemulihan setelah terjadinya serangan yang terkait dengan keamanan siber atau sejenisnya. Asuransi siber akan memberikan perlindungan dari risiko pelanggaran atau kebocoran data, biaya remediasi dalam penanganan serangan keamanan siber, dan denda hukuman atas pelanggaran terkait keamanan siber. (Betterley, 2018).

### **2.5 Premi Asuransi Murni**

Premi merupakan pembayaran yang dilakukan tertanggung kepada penanggung untuk mengganti kerugian karena perjanjian atas pemindahan risiko dari tertanggung ke penanggung (*transfer of risk*). Penentuan nilai premi merupakan hal paling penting dalam asuransi, dimana nilai ini harus sesuai dengan jumlah risiko yang dialihkan ke penanggung dan premi harus bisa menutupi klaim, biaya manajemen, dan keuntungan perusahaan (A. Amrin, 2006). Premi adalah

uran yang harus dibayar setiap periode sesuai dengan kewajiban nasabah asuransi (sebagai tertanggung) atas keikutsertaan program asuransi. Besaran premi asuransi ditentukan atau diukur dari tingkat risiko yang ditanggung perusahaan asuransi. Perusahaan asuransi telah menyediakan variabel-variabel *ranking* yang menjadi dasar pengambilan keputusan, semakin besar risiko yang ditanggung pastinya premi asuransi yang harus dibayarkan akan semakin mahal (Aminullah, 2019).

## 2.6 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan sekumpulan metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu data sehingga dapat memberikan informasi yang bermanfaat. Statistika deskriptif bertujuan untuk menguraikan sifat-sifat atau karakteristik suatu kejadian dan membuat deskripsi atau gambaran yang sistematis dan akurat mengenai variabel dan yang dianalisis. Statistika deskriptif dapat disajikan dalam dua bentuk, yaitu, visual seperti histogram, *pie chart*, diagram serta numerik seperti ukuran pemusatan; mean, median, dan modus, tingkat kemiringan (*skewness*), dan persentil (Walpole, 1995).

## 2.7 Uji Kolmogorov Smirnov

Uji Kolmogorov Smirnov (KS) adalah alat uji statistik yang digunakan untuk menentukan apakah suatu sampel berasal dari suatu populasi yang memiliki distribusi data tertentu atau mengikuti distribusi statistik tertentu (Gujarati, 2003). Pada penelitian ini uji Kolmogorov Smirnov digunakan untuk uji normalitas data serta uji kesesuaian distribusi. Berikut hipotesis dari uji Kolmogorov Smirnov.

Hipotesis:

$H_0$  : Data berdistribusi normal

$H_1$  : Data tidak berdistribusi normal

Statistik Uji

$$D = \sup|F_0(X_i) - S_n(X_i)| \quad (2.1)$$

Keterangan:

$F_0(X_i)$  : Fungsi distribusi frekuensi kumulatif teoritis

$S_n(X_i)$  : Fungsi distribusi frekuensi kumulatif pengamatan sebanyak sampel

$i$  : Pengamatan

$n$  : Jumlah pengamatan

Dengan daerah kritis,  $H_0$  ditolak jika  $|D| > D_{tabel}$  atau  $P_{value} > \alpha$  pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ .

## 2.8 Nilai Ekspektasi

Nilai ekspektasi adalah harapan terhadap distribusi data tertentu. Dengan nilai ekspektasi akan diperoleh gambaran distribusi data, yang berupa besaran suatu data. Nilai ekspektasi dipilih berdasarkan model data, apakah data berupa data-data rasio atau ordinal yang berhubungan dengan model statistik parametrik atau statistik non-parametrik. Nilai ekspektasi didefinisikan sebagai berikut (Hogg RV, 2005).

$$E(\bar{x}) = \mu_x = \sum_{i=1}^n x_i \cdot P(x_i) \quad (2.2)$$

Keterangan:

$x$  : Variabel acak diskrit

$P(x_i)$  : Probabilitas  $x_i$

$i$  : Pengamatan ke- $i$  ;  $i = 1, 2, \dots, n$   
Atau

$$E(\bar{x}) = \mu_x = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx \quad (2.3)$$

Keterangan:

$x$  : Variabel acak kontinu  
 $f(x)$  : Fungsi densitas probabilitas  $x$

## 2.9 Distribusi Poisson

Distribusi Poisson adalah distribusi probabilitas diskrit yang menyatakan peluang jumlah peristiwa yang terjadi pada periode waktu tertentu apabila rata-rata kejadian tersebut diketahui dan dalam waktu yang saling bebas sejak kejadian terakhir. Jika pada suatu percobaan menghasilkan variabel acak yang menyatakan banyak-nya sukses dalam daerah tertentu atau selama interval waktu tertentu, percobaan itu disebut percobaan Poisson. Persamaan distribusi poisson dinyatakan sebagai berikut (Casella & Berger, 2021).

$$f(k; \lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$e$  : Basis logaritma natural ( $e = 2,71828\dots$ )  
 $k$  : Jumlah kejadian suatu peristiwa atau peluang dari distribusi poisson  
 $k!$  : Faktorial dari  $k$   
 $\lambda$  : Bilangan riil positif, sama dengan nilai harapan peristiwa yang terjadi dalam interval tertentu

## 2.10 Distribusi Geometri

Distribusi Geometri adalah distribusi probabilitas diskrit dari sekelompok objek atau populasi yang dipilih tanpa pengembalian. Pada distribusi Geometri, probabilitas keberhasilan dalam setiap pengambilan tergantung dari berapa banyak macam sampel dari sebuah populasi dan tergantung sampel yang telah diambil (Casella & Berger, 2021).

$$P(x) = p(1 - p)^{x-1} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$p$  : Peluang berhasil  
 $x$  : Banyak percobaan

## 2.11 Distribusi Binomial Negatif

Distribusi binomial negatif adalah distribusi probabilitas diskrit yang memodelkan jumlah keberhasilan dalam urutan percobaan Bernoulli yang independen dan terdistribusi secara identik sebelum sejumlah kegagalan (non-acak) yang ditentukan terjadi. Distribusi binomial negatif memiliki varians  $\mu / (1 - p)$ , dengan distribusi menjadi identik dengan Poisson dalam limit  $p \rightarrow 0$  untuk mean tertentu  $\mu$ . Hal ini dapat menjadikan distribusi tersebut sebagai alternatif penyebaran berlebih yang berguna untuk distribusi Poisson, misalnya untuk modifikasi regresi Poisson yang kuat (Casella & Berger, 2021).

Persamaan binomial negatif dituliskan sebagai berikut (Casella & Berger, 2021).

$$f(x) = \begin{cases} \binom{x-1}{k-1} p^k (1-p)^{x-k} & \\ 0 & \end{cases} \quad (2.6)$$

Keterangan:

$f(x)$  : Fungsi densitas peluang

$p$  : Peluang sukses

$x$  : Jumlah percobaan sampai sukses ke- $k$

$k$  : Jumlah sukses yang terjadi;  $k = 1, 2, \dots, n$

## 2.12 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial adalah distribusi probabilitas waktu antara peristiwa, yaitu, proses di mana peristiwa terjadi terus menerus dan independen pada tingkat rata-rata konstan. Distribusi eksponensial adalah analog kontinu dari distribusi geometrik dan memiliki sifat kunci menjadi tanpa memori.

Distribusi eksponensial tidak sama dengan kelas keluarga distribusi eksponensial, yaitu kelas besar distribusi probabilitas yang mencakup distribusi eksponensial sebagai salah satu anggotanya, tetapi juga mencakup distribusi normal, distribusi binomial, distribusi gamma, Poisson, dan banyak lagi (Johnson & Wichern, 2012). Distribusi eksponensial didefinisikan sebagai (Johnson & Wichern, 2012).

Fungsi densitas probabilitas (pdf) dari distribusi eksponensial adalah

$$f(x; \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0, \\ 0 & x < 0. \end{cases} \quad (2.7)$$

Fungsi distribusi kumulatif (CDF) dari distribusi eksponensial adalah

$$F(x; \lambda) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} & x \geq 0, \\ 0 & x < 0. \end{cases} \quad (2.8)$$

Nilai rata-rata atau harapan dari variabel acak  $X$  yang terdistribusi secara eksponensial dengan parameter laju didefinisikan

$$E[X] = \frac{1}{\lambda} \quad (2.9)$$

Varians dari  $X$  didefinisikan dengan

$$\text{Var}[X] = \frac{1}{\lambda^2} \quad (2.10)$$

Dimana simpangan baku sama dengan mean eksponensial.

Keterangan:

$\lambda$  : Parameter skala

$x$  : Variabel acak

$e$  : Basis logaritma natural ( $e = 2,71828\dots$ )

## 2.13 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal adalah distribusi statistik nilai logaritma dari distribusi normal terkait. Distribusi lognormal dapat diterjemahkan ke distribusi normal dan sebaliknya menggunakan penghitungan logaritma terkait. Jadi, jika variabel acak  $X$  berdistribusi lognormal, maka  $Y = \ln(X)$  berdistribusi normal (Thorin, 1977).



Fungsi densitas probabilitas (pdf) dari distribusi lognormal adalah

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.11)$$

Keterangan:

$\mu$  : parameter skala, dimana  $\mu > 0$

$\sigma$  : parameter bentuk, dimana  $\sigma > 0$

Fungsi distribusi kumulatif (CDF) dari distribusi lognormal adalah

$$F_X(x) = \Phi\left(\frac{(\ln x) - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.12)$$

Keterangan:

$\Phi$  : fungsi distribusi kumulatif normal baku

Parameter lognormal adalah sebagai berikut.

$$\mu = \ln\left(\frac{\mu_X^2}{\sqrt{\mu_X^2 + \sigma_X^2}}\right) \quad (2.13)$$

$$\sigma^2 = \ln\left(1 + \frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2}\right) \quad (2.14)$$

## 2.14 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull menghitung nilai probabilitas sampai terjadinya kejadian gagal. Distribusi Weibull memberikan distribusi yang tingkat kegagalannya sebanding dengan kekuatan waktu.

Fungsi densitas probabilitas (pdf) dari distribusi weibull adalah sebagai berikut.

$$f(x; \lambda, k) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k}, & x \geq 0. \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (2.15)$$

Fungsi distribusi kumulatif (CDF) dari distribusi weibull adalah sebagai berikut.

$$F(x; k; \lambda) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (2.16)$$

Keterangan:

$\lambda$  : Parameter skala

$k$  : Parameter bentuk

$x$  : Variabel acak

## 2.15 Distribusi Gamma

Distribusi gamma ( $\Gamma$ ) merupakan ekstensi atau perluasan dari fungsi faktorial, dengan argumennya digeser turun oleh 1, ke bilangan real dan kompleks. Fungsi gamma didefinisikan

untuk semua bilangan kompleks, kecuali bilangan bulat negatif dan nol (Abramowitz, 1972). Persamaan distribusi gamma adalah sebagai berikut.

$$\Gamma(n) = (n - 1)! \tag{2.17}$$

Keterangan:

$\Gamma$  : Fungsi gamma

$n$  : Bilangan bulat positif

Untuk bilangan kompleks yang bagian realnya positif, fungsi gamma terdefinisi melalui sebuah integral tak wajar yang konvergen dengan persamaan sebagai berikut (Andriani, 2014).

$$\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} e^{-t} dt. \tag{2.18}$$

Keterangan:

$z$  : Parameter distribusi gamma  $>0$

$t$  : Variabel acak

$e$  : Basis logaritma natural ( $e = 2,71828\dots$ )

$S$  : Skala;  $S > 0$

Fungsi integral gamma diperluas oleh analitik yang kontinu terhadap semua bilangan kompleks, kecuali bilangan bulat negatif dan menghasilkan fungsi meromorfik yang kita sebut fungsi gamma.

## 2.16 Copula

Copula digunakan untuk mendeskripsikan hubungan antar variabel acak. Copula adalah probabilitas distribusi multivariat untuk probabilitas distribusi marginal dengan masing-masing variabel berdistribusi *uniform* (Nelsen, 2005). Beberapa distribusi bersama multivariat dapat dinyatakan dalam fungsi distribusi marginal univariat dan copula dapat mendeskripsikan struktur dependensi atau hubungan fungsi distribusi multivariat dengan distribusi marginalnya (Sklar, 1959).

Terdapat dua macam keluarga copula yang digunakan pada asuransi diantaranya copula Elliptical dan copula Archimedean. Copula Elliptical merupakan copula yang berasal dari distribusi ellips multivariat dan dilakukan dengan uji korelasi Pearson. Copula Archimedean memiliki range yang luas untuk struktur dependensi dan dilakukan dengan uji korelasi Tau Kendall.

## 2.17 Copula Archimedean

Copula Archimedean didefinisikan sebagai, fungsi  $\phi: [0,1] \rightarrow [0, \infty)$  merupakan fungsi generator copula Archimedean dan inversnya  $\phi^{-1}$  sehingga  $\phi(0) = \infty$  dan  $\phi(1) = 0$ , maka fungsi copula Archimedean didefinisikan sebagai berikut (Anisa, 2015).

$$C_A(u_1, u_2, \dots, u_m) = \phi^{-1}(\phi(u_1) + \dots + \phi(u_m)) \tag{2.19}$$

Keterangan:

$C_A(u_1, \dots, u_m)$  : Fungsi distribusi copula Archimedean

$\phi$  : Generator copula dan memiliki satu parameter  $\theta$

Copula Archimedean terbagi dalam tiga kelas, yaitu copula Clayton, copula Frank, dan copula Gumbel. Masing-masing fungsi generator dari kelas copula tersebut yang digunakan untuk membangkitkan fungsi estimasi parameter dan fungsi copula Archimedean.

### 2.17.1 Copula Clayton

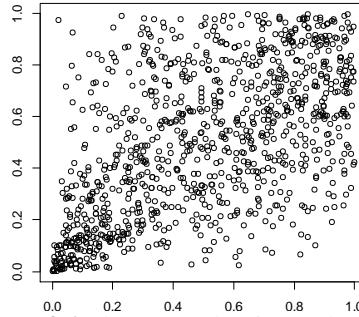
Copula Clayton merupakan bagian dari copula Archimedean yang memiliki generator  $(\phi_\theta(u))$  yang dinyatakan dengan  $\theta^{-1}(u^{-\theta} - 1)$ , dengan parameter  $\theta > 0$ . Fungsi copula Clayton dapat didefinisikan dengan persamaan berikut (Anisa, 2015).

$$C_\theta(u_1, u_2, \dots, u_m) = \left[ \sum_{i=1}^m (u_i^{-\theta} + m - 1) \right]^{-\frac{1}{\theta}} \quad (2.20)$$

Keterangan:

$C_\theta(u_1, u_2, \dots, u_m)$  : Fungsi copula Clayton  
 $\theta$  : Parameter copula Clayton;  $\theta > 0$

Ciri plot pada pemodelan copula Clayton mempunyai ciri plot dengan *tail* berada di posisi bawah. Plot copula Clayton digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.1 Plot Dependensi Copula Clayton

### 2.17.2 Copula Frank

Copula Frank merupakan bagian dari copula Archimedean yang memiliki generator  $(\phi_\theta(u))$  yang dinyatakan dengan  $-\ln\left(\frac{e^{\theta u} - 1}{e^\theta - 1}\right)$ , dengan parameter copula  $\theta \in (-\infty, \infty)$ .

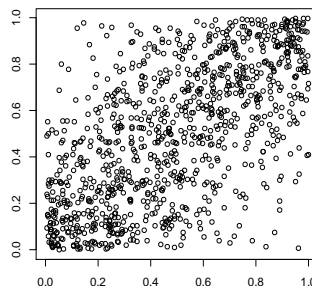
Fungsi copula Frank dapat didefinisikan dengan persamaan berikut (Anisa, 2015).

$$C_\theta(u_1, u_2, \dots, u_m) = \frac{1}{\theta} \ln \left( 1 + \frac{(e^{-\theta u_1} - 1)(e^{-\theta u_2} - 1)}{e^\theta - 1} \right) \quad (2.21)$$

Keterangan:

$C_\theta(u_1, u_2, \dots, u_m)$ : Fungsi copula Frank  
 $\theta$  : Parameter copula Frank;  $\theta \in R \setminus \{0\}$

Ciri pada plot copula Frank yaitu tidak memiliki *tail* dependensi pada plot-nya. Plot dari copula Frank digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.2 Plot Dependensi Copula Frank

### 2.17.3 Copula Gumbel

Copula Gumbel merupakan bagian dari copula Archimedean yang memiliki generator  $(\phi_\theta(u))$  yang dinyatakan dengan  $(-\ln u)^\theta$ , dengan parameter  $\theta > 1$ . Fungsi copula Gumbel dapat didefinisikan dengan persamaan berikut (Anisa, 2015).

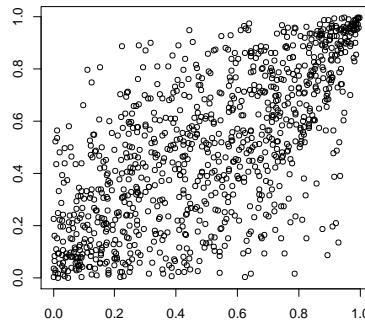
$$C_\theta(u_1, u_2, \dots, u_m) = \exp\left(-\left[\sum_{i=1}^m (-\ln u_i)^\theta\right]^{\frac{1}{\theta}}\right) \quad (2.22)$$

Keterangan:

$C_\theta(u_1, u_2, \dots, u_m)$ : Fungsi copula Gumbel

$\theta$  : Parameter copula Gumbel;  $\theta > 1$

Copula Gumbel mempunyai ciri plot dengan *tail* berada di posisi atas. Plot copula Gumbel digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.3 Plot Dependensi Copula Gumbel

### 2.18 Transformasi Variabel Acak ke Domain Uniform [0,1]

Untuk melakukan analisis copula diperlukan transformasi variabel acak ke domain *Uniform* [0,1]. Distribusi *uniform* menghasilkan nilai variabel acak memperoleh nilai peluang yang sama.

Persamaan distribusi marginal variabel acak  $x_i$  sebelum *uniform* didefinisikan sebagai berikut.

$$F_{X_i}(x_i) = \frac{1}{n+1} \sum_{j=1}^n (X_i^{(j)} \leq x) \quad (2.23)$$

Keterangan:

$F_{X_i}(x_i)$  : Distribusi marginal sebelum *uniform*

$x_i$  : Variabel acak

Transformasi data ke domain *Uniform*[0,1] dilakukan dengan pembuatan *Scatterplot* [0,1] dengan membuat *rank* plot  $X_i$  pada persamaan berikut.

$$\left( \left( \frac{R_1^{(j)}}{n+1} \right), \left( \frac{R_2^{(j)}}{n+1} \right), \dots, \left( \frac{R_m^{(j)}}{n+1} \right) \right) \quad (2.24)$$

dimana  $1 \leq j \leq n$  dan  $R_1^{(j)}, R_2^{(j)}, \dots, R_m^{(j)}$  adalah *rank* dari  $X_1, X_2, \dots, X_m$  yang sebelumnya sudah diubah menjadi bentuk matriks. Transformasi variabel acak ke domain *uniform* dilakukan

untuk melihat apakah variabel-variabel tersebut mengikuti sebuah fungsi distribusi tertentu dan sebagai *input* pemodelan copula.

## 2.19 Uji Dependensi

Uji dependensi dilakukan untuk mengetahui adanya dependensi di antara variable dalam sebuah pemodelan *joint distribution* dan dapat menggunakan uji Tau-Kendall. Uji korelasi Tau-Kendall adalah korelasi yang berbasis *rank* dan tidak memerlukan asumsi kenormalan data. Pengukuran Tau-Kendall secara empiris dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\tau = \frac{2(P - Q)}{n(n - 1)} \quad (2.25)$$

Hipotesis:

$H_0$  : Tidak ada korelasi antara  $X$  dan  $Y$

$H_1$  : Ada korelasi antara  $X$  dan  $Y$

Statistik Uji:

$$Z = \sqrt{\frac{9n(n - 1)}{2(2n + 5)}} |\tau| \quad (2.26)$$

Keterangan:

$P$  : jumlah pasangan berurutan wajar atau konkordan

$Q$  : jumlah pasangan berurutan terbalik atau diskordan

Daerah penolakan:

Tolak  $H_0$  jika  $|\tau| > \tau_{\frac{\alpha}{2}}$  atau  $p - value < \alpha$  pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ .

## 2.20 Estimasi Parameter Copula

Metode *Maximum Log-Likelihood Estimation* (MLE) digunakan untuk mendapatkan parameter copula. Pemilihan model copula terbaik dilakukan dengan memilih distribusi dengan nilai parameter terbesar (A. S. Klugman, 2020).

fungsi *likelihood* dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$L = \prod_{i=1}^n f(x_1^i, \dots, x_m^i) = \prod_{i=1}^n \left( c\{F_{X_1}(x_1^i), \dots, F_{X_m}(x_m^i)\} \right) \left( f_{X_1}(x_1^i) \times \dots \times f_{X_m}(x_m^i) \right) \quad (2.27)$$

dan fungsi *log-likelihood* sebagai berikut.

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \ln c\{F_{X_1}(x_1^i), \dots, F_{X_m}(x_m^i)\} + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \ln \left( f_{X_j}(x_j^{(i)}) \right) \quad (2.28)$$

Estimator *maximum log-likelihood* didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\hat{\theta}_{MLE} = \max_{\theta} \ln L \quad (2.29)$$

Atau

$$\begin{aligned}
\frac{d \ln L}{d\theta} &= n \left[ \frac{m}{\theta} + g \left( \frac{1}{\theta} + m \right) \frac{-1}{\theta^2} - g \left( \frac{1}{\theta} \right) \frac{-1}{\theta^2} \right] - \sum_{i,j} \log u_{ij} \\
&+ \frac{1}{\theta^2} \sum_{i,j} \log \left( \sum_j \log u_{i,j}^{-\theta} - m + 1 \right) - \left( \frac{1}{\theta} \right. \\
&+ m \left. \right) \sum_i \frac{-\sum_j u_{i,j}^{-\theta} \log(u_{ij})}{\sum_j u_{i,j}^{-\theta} - m + 1}
\end{aligned} \tag{2.30}$$

Fungsi likelihood pada estimasi parameter Copula Archimedean dengan tidak menghasilkan bentuk *closed form*, sehingga untuk alternatif pada estimasi parameter Copula Archimedean dapat menggunakan pendekatan Tau-Kendall. Estimasi parameter Copula Archimedean dengan pendekatan Tau-Kendall diberikan sebagai berikut (Genest & Riverst, 1993).

$$\tau_c = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\phi(u)}{\phi^{-1}(u)} du \tag{2.31}$$

Pendekatan Tau-Kendall untuk masing-masing Copula Clayton, Frank dan Gumbel (Embrechts, Lindskog, & McNeil, 2001) disajikan pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Tabel Estimasi Parameter Copula Archimedean	
Kelas Copula	Estimasi ( $\theta$ )
Clayton	$\tau = \frac{\theta_c}{\theta_c+2}$ maka $\theta_c = \frac{2\tau}{1-\tau}$
Frank	$\tau = 1 - \frac{1}{\theta_G}$ maka $\theta_G = \frac{1}{1-\tau}$
Gumbel	$\tau = \frac{1 - 4(1 - D_1(\theta_G))}{\theta_F}$ Dimana $D_k(x)$ =fungsi Debye $D_k(x) = \frac{k}{x^k} \int_0^x \frac{u^k}{e^x - 1} du$

## 2.21 Perhitungan Premi dengan Fungsi Copula

Pada penelitian ini, definisi dan teori dari penelitian dijelaskan dalam deskripsi model, di mana deskripsi model terdiri atas:

1. Copula untuk pembangkitan data

Copula digunakan untuk pembangkitan  $x$  dan  $y$  sehingga didapatkan nilai dari biaya total kerugian dari kejadian serangan siber. Jika  $F$  fungsi distribusi bersama dengan  $u_1 = F_x(x)$  dan  $u_2 = F_y(y)$  adalah distribusi marjinalnya, terdapat copula  $C$  sehingga (Herath,2011):

$$F(x, y) = C(F_x(x), F_y(y)) = C(u_1, u_2) \tag{2.32}$$

$$f(x, y) = c(F_x(x), F_y(y))f_x(x), F_y(y) = c(u_1, u_2) \tag{2.33}$$

untuk setiap  $x, y \in \mathbb{R}$  [10].

## 2. Biaya Total Kerugian

Salah satu elemen risiko kontrak asuransi adalah biaya ganti rugi atau total kerugian yang dibayarkan. Besarnya  $L$  akan bergantung pada jumlah total kerugian pihak pertama yang didapat dari menghitung banyaknya komputer yang terpengaruh ( $x$ ) dan jumlah kerugian dalam dolar akibat insiden ( $y$ ), sehingga model distribusi kerugian digambarkan dengan fungsi *payoff* sebagai berikut (Herath, 2011).

$$L = \Pi = g(x_k, y_k) \quad (2.34)$$

Keterangan:

$L$ : Biaya ganti rugi

$x_k$ : Bangkitan data  $x$  dari parameter copula terpilih

$y_k$ : Bangkitan data  $y$  dari parameter copula terpilih

## 3. Perhitungan Premi Murni

Perhitungan premi murni merupakan modifikasi dari persamaan black scholes dengan persamaan sebagai berikut (Herath, 2011).

$$P = e^{-rT} L \quad (2.35)$$

Keterangan:

$P$ : Premi

$r$ : Suku bunga;  $r=6\%$

$T$ : Waktu tunggu kejadian

$L$ : Biaya ganti rugi dibayarkan

Diasumsikan bahwa jeda waktu antara kejadian dan biaya ganti rugi dibayarkan sangat pendek atau sama dengan nol.

### 2.22 Pembangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ) dengan Proses Poisson

Waktu tunggu kejadian ( $T$ ) merupakan waktu penerbitan polis sampai terjadinya pelanggaran. Distribusi Poisson banyak digunakan dalam model kedatangan instruksi per satuan waktu (Longstaff, 2000). Simulasi yang digunakan yaitu *compound process poisson* dengan persamaan sebagai berikut (Herath, 2011).

$$T_k = t_k - \frac{1}{\lambda} \ln u_k \quad (2.36)$$

Keterangan:

$T_k$  : Bangkitan data waktu tunggu kejadian

$t_k$  : Bangkitan data waktu

$\lambda$  : Waktu tunggu kejadian yang diharapkan;  $\lambda=2$ .

$u_k$  : Bilangan acak berdistribusi uniform[0,1]

Waktu tunggu antar kejadian satu dengan yang lainnya adalah  $T_i = t_1 - t_{i-1}$  yang merupakan variabel acak eksponensial dengan nilai harapan  $\frac{1}{\lambda}$  dan kejadian  $I = I + 1$ . Dapat dihitung  $t_i = t_{i-1} - (\frac{1}{\lambda}) \ln u_i$  dengan  $t_0 = 0$ .

Algoritma untuk membangkitkan waktu kejadian sebagai berikut.

1. Bangkitkan nilai  $U$  dari distribusi Uniform[0,1].
2. Hasilkan  $t_i = t_{i-1} - \frac{1}{\lambda} \ln u$  dengan  $t_0 = 0$ .
3. Hasil bangkitan waktu tunggu kejadian sebanyak  $n = 5000$  observasi



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada tugas akhir ini berupa data sekunder yang yang dihimpun oleh Elinor Tsen dari *The University of Queensland* berjudul “*Dataset of Data Breaches and Ransomware Attacks over 15 Years from 2004 to 2020*” yaitu set data historis kejadian serangan siber di Amerika Serikat pada tahun 2004-2020 dengan jumlah 1056 kejadian siber.

### 3.2 Variabel Penelitian

Pada tugas akhir ini akan diteliti hubungan antara banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian serangan siber ( $y$ ) pada kejadian serangan ransomware di Amerika Serikat tahun 2004-2020. Variabel yang akan digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Nama Variabel	Skala
$x$	Banyak komputer terdampak dalam unit	Rasio
$y$	Besar kerugian serangan siber dalam dollar (\$)	Rasio

Bentuk struktur data yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data

Observasi	$x$	$y$
1	$x_1$	$y_1$
2	$x_2$	$y_2$
3	$x_3$	$y_3$
4	$x_4$	$y_4$
⋮	⋮	⋮
1056	$x_{1056}$	$y_{1056}$

### 3.3 Langkah Analisis

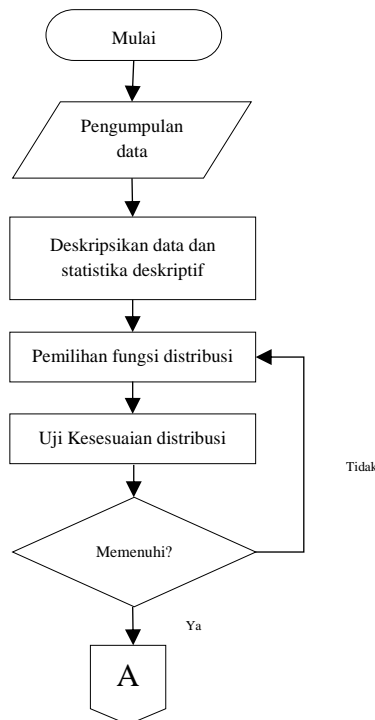
Proses analisis data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan *Rstudio*. Langkah analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Memperoleh data dari set data “*Dataset of Data Breaches and Ransomware Attacks over 15 Years from 2004 to 2020*” yang diakses pada *website* <https://espace.library.uq.edu.au/>
2. Melakukan deskripsi data dan statistika deskriptif dengan minimum, maksimum, mean, median, *skewness*, kurtosis.

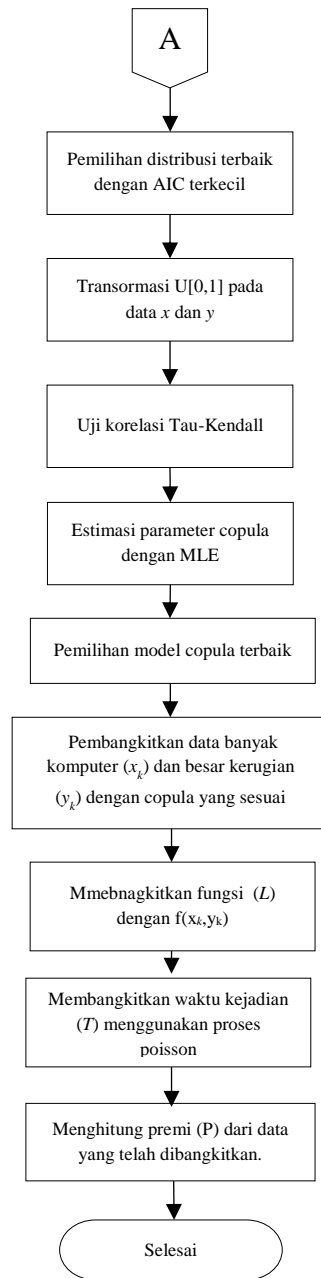
3. Memodelkan distribusi data banyaknya komputer yang terpengaruh virus ( $x$ ) dengan distribusi frekuensi, yaitu distribusi Poisson, distribusi Geometri, dan distribusi Negatif Binomial.
4. Memodelkan distribusi data jumlah kerugian dalam dolar akibat insiden ( $y$ ) dengan distribusi kegagalan, yaitu distribusi Eksponensial, distribusi Log Normal, dan distribusi Weibull.
5. Uji kesesuaian model distribusi  $x$  dengan Perason's Chi Square dan distribusi  $y$  dengan uji Kolmogorov Smirnov.
6. Memilih model distribusi terbaik dari uji kesesuaian dengan *Akaike Information Criterion* (AIC).
7. Melakukan transformasi  $U[0,1]$  pada data model distribusi  $x$  dan model distribusi  $y$  terpilih.
8. Mendapatkan nilai hubungan korelasi  $x$  dan  $y$  dengan uji korelasi Tau-Kendall.
9. Mencari estimasi parameter copula dengan *Maximum Likelihood Estimation*.
10. Memilih model copula terbaik dengan nilai *Maximum Likelihood Estimation* terbesar.
11. Membangkitkan data banyak komputer ( $x_k$ ) dan besar kerugian ( $y_k$ ) menggunakan fungsi copula terbaik.
12. Menghitung biaya ganti rugi ( $L$ ) dengan data  $x_k$  dan  $y_k$  dengan mengacu persamaan 2.34.
13. Membangkitkan waktu kejadian ( $T$ ) menggunakan proses Poisson dengan mnegacu persamaan 2.35.
14. Menghitung premi ( $P$ ) dari data yang telah dibangkitkan dengan persamaan 2.36.
15. Melakukan interpretasi hasil analisis.
16. Penarikan kesimpulan dan saran.

### 3.4 Diagram Alir

Tahapan proses analisis data berdasarkan langkah di atas sesuai pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.2** Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Statistika Deskriptif

Pada tugas akhir ini digunakan data kejadian serangan siber (*cyber attacks*) di Amerika Serikat pada periode tahun 2004-2020. Pada pemodelan dependensi copula digunakan dua variabel dari set data yaitu variabel “Jumlah komputer terpengaruh” ( $x$ ) dan “Besarnya kerugian” ( $y$ ). Kedua variabel merupakan variabel numerik dengan skala rasio. Statistika deskriptif yang akan dijelaskan meliputi mean, median, minimum, maksimum, *skewness* dan kurtosis dari kedua variabel penelitian yang dapat dilihat pada tabel dibawah berikut.

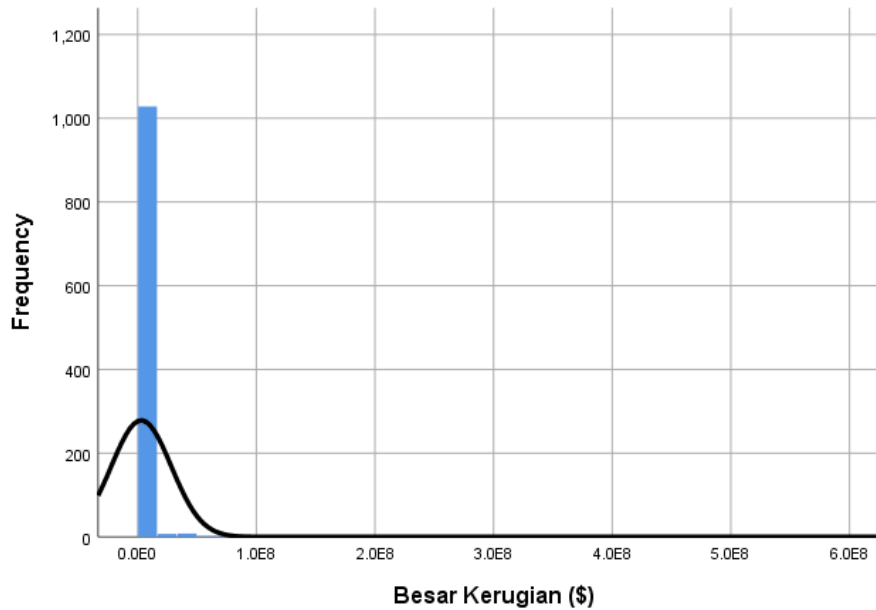
**Tabel 4. 1** Tabel Statistika Deskriptif Variabel  $x$  dan  $y$  serangan siber (*cyber attacks*) di Amerika Serikat pada periode 2004-2020

	Jumlah Unit Terpengaruh ( $x$ )	Besar Kerugian ( $y$ )
Mean	1.852,00	3.018.855,55
Median	797,00	50.000,00
<i>Skewness</i>	7,10	14,68
Kurtosis	74,84	246,98
Minimum	26,00	253,00
Maksimum	45.557,00	500.000.000,00
Total	1.957.292,00	3.190.930.319,00

Berdasarkan Tabel 4.1 menjelaskan bahwa banyak data yang diolah yaitu sebanyak 1056 observasi. Variabel  $x$  memiliki nilai *mean* atau nilai rata-rata sebesar 1,852 unit komputer pada dan variabel  $y$  memiliki nilai *mean* atau nilai rata-rata sebesar \$ 3.018.855,5. Untuk nilai minimum atau nilai terkecil pada variabel  $x$  yaitu sebesar 26 unit komputer dan pada variabel  $y$  sebesar \$253. Nilai maksimum atau nilai tertinggi pada variabel  $x$  yaitu sebesar 45,557 unit komputer dan pada variabel  $y$  yaitu sebesar \$500,000,000.



**Gambar 4.1** Histogram data Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ )



**Gambar 4.2** Histogram data Besar Kerugian dalam dolar (y)

Terlihat dari Gambar 4.1 Histogram Banyak komputer terpengaruh ( $x$ ) dan Gambar 4.2 Histogram data Besar Kerugian dalam dolar ( $y$ ) menunjukkan data tidak mengikuti garis normalitas, ilustrasi tersebut diperkuat dari hasil statistika deskriptif yang didapatkan nilai *skewness* dan nilai kurtosis. *Skewness* memberikan gambaran distribusi data apakah miring ke kiri, ke kanan atau simetris sedangkan kurtosis merupakan statistik yang digunakan dalam memberikan gambaran apakah distribusi data cenderung rata atau runcing, Jika nilai kurtosis lebih besar dari 3, maka kurva distribusi disebut leptokurtik atau distribusi membentuk runcing tidak normal atau terlalu runcing yang mengindikasikan data tersebar secara tidak ideal atau tidak merata. Variabel  $x$  memiliki nilai *skewness* sebesar 7,10 dan variabel  $y$  memiliki nilai *skewness* sebesar 14,68. Nilai kurtosis pada variabel  $x$  sebesar 74,84 yang berarti data pada variabel  $x$  memiliki ekor distribusi berada di sebelah kanan dan tidak berdistribusi normal dan variabel  $y$  246,98 yang berarti data pada variabel  $y$  memiliki ekor distribusi berada di sebelah kanan dan tidak berdistribusi normal.

Setelah didapatkan histogram selanjutnya dilakukan uji normalitas dilakukan dengan uji Kolmogorov Smirnov dengan hipotesis sebagai berikut.

- $H_0$  : Data mengikuti distribusi Normal  
 $H_1$  : Data tidak mengikuti distribusi Normal

Dimana, jika  $p - value \leq 0,05$  maka tolak  $H_0$ . Sebaliknya, jika  $p - value \geq 0,05$  gagal tolak  $H_0$ .

Hasil perhitungan uji Kolmogorov Smirnov untuk variabel banyak komputer terpengaruh dalam unit ( $x$ ) dan besar kerugian serangan siber dalam dolar ( $y$ ) di Amerika Serikat pada tahun 2004-2020 berdasarkan data yang dihimpun Ellinor Tsen, mendapati hasil uji dengan nilai  $p - value < 0,05$  pada variabel banyak komputer terpengaruh dalam unit ( $x$ ) dan besar kerugian serangan siber dalam dolar ( $y$ ) di Amerika Serikat pada tahun 2004-2020 yang berarti tolak  $H_0$  atau variabel banyak komputer terpengaruh dalam unit ( $x$ ) dan besar kerugian serangan siber dalam dolar ( $y$ ) di Amerika Serikat pada tahun 2004-2020 tidak berdistribusi Normal.

## 4.2 Penentuan Distribusi Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ )

Untuk mencari parameter dari distribusi marginal Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) yang diduga menyebar Poisson, Geometri, atau Binomial Negatif digunakan dan untuk mencari parameter dari distribusi marginal Besar Kerugian ( $y$ ) yang diduga menyebar Eksponensial, Lognormal atau Weibull. Distribusi poisson merupakan suatu distribusi untuk peristiwa yang probabilitas kejadiannya kecil, dimana kejadian tergantung pada selang waktu tertentu atau di suatu daerah tertentu dengan hasil pengamatan berupa variabel diskrit dan antar variabel prediktor saling independen (Walpole, 1995). Binomial Negatif merupakan alternatif dari distribusi Poisson dimana jika varians sampelnya melebihi rataan sampel disebut sebagai masalah overdispersi. Salah satu distribusi yang mampu menangani masalah overdispersi tersebut adalah distribusi Binomial negatif. Distribusi Eksponensial, Lognormal atau Weibull digunakan karena terdapat frekuensi yang tinggi terhadap besar kerugian dengan tingkat kerugian tertentu. Distribusi Eksponensial, Lognormal atau Weibull dapat digunakan pada data tidak berdistribusi normal.

### 4.2.1 Penentuan Nilai Parameter

Pada tahap ini, dilakukan penentuan nilai parameter distribusi Poisson dengan persamaan (2.5), distribusi Geometri dengan persamaan (2.6) dan Binomial Negatif dengan persamaan (2.7). berdasarkan persamaan Hasil penentuan parameter distribusi marginal Banyak komputer terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

**Tabel 4.2** Hasil Penentuan Parameter Distribusi Frekuensi

Distribusi Frekuensi	Simbol	Parameter
Poisson	$\hat{\lambda}$	1.851,742000
Geometri	$\hat{p}$	0,053974
Negatif Binomial	$\hat{\beta}$	0,894998
	$\hat{r}$	1.851,743000

Berdasarkan Tabel 4.3 hasil dugaan parameter untuk distribusi frekuensi didapatkan hasil parameter  $\hat{\lambda} = 1.851,74$  untuk distribusi Poisson,  $\hat{p} = 0,053974$  untuk distribusi Geometri dan  $\hat{\beta} = 0,894998$  dan  $\hat{r} = 1851,743$  untuk distribusi Negatif Binomial.

**Tabel 4.4** Hasil Penentuan Parameter Distribusi Kegagalan

Distribusi Kegagalan	Simbol	Parameter
Eksponensial	$\hat{\lambda}$	0,000003
Log Normal	$\hat{\mu}$	11,04501
	$\hat{\sigma}$	2,13956
Weibull	$\hat{\beta}$	0,36890
	$\hat{\eta}$	173.747,00000

Berdasarkan hasil Tabel 4.4 hasil dugaan parameter untuk distribusi kegagalan didapatkan  $\hat{\lambda} = 0,000003$  untuk distribusi Eksponensial,  $\hat{\mu} = 11,04501$  dan  $\hat{\sigma} = 2,13956$  untuk distribusi Log Normal dan  $\hat{\beta} = 0,36890$  dan  $\hat{\eta} = 173.747$  untuk distribusi Weibull.

#### 4.2.2 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian merupakan pengujian kebaikan sesuai antara hasil pengamatan (frekuensi pengamatan) tertentu dengan frekuensi yang diperoleh berdasarkan nilai harapannya (frekuensi teoritis). Uji kesesuaian dilakukan dengan uji Kolmogorov smirnov pada distribusi kegagalan. Dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$  : Data mengikuti distribusi tersebut.

$H_1$  : Data tidak mengikuti distribusi tersebut.

Dengan daerah tolak  $H_0$  jika,  $p\text{-value} < \alpha$  atau 0,05

**Tabel 4.5** Hasil Uji Kolmogorov Smirnov untuk variabel  $x$

Variabel	Distribusi Frekuensi	$p\text{-value}$
Banyak Komputer	Poisson	0,00000
	Geometri	0,92018
	Negatif Binomial	0,00700

Berdasarkan Tabel 4.5, nilai  $p\text{-value}$  dari variabel banyaknya komputer lebih besar dari  $\alpha = 0.05$  terdapat pada distribusi Geometri yang mengindikasikan tidak ada bukti untuk menolak  $H_0$ . Dengan demikian, banyaknya komputer mengikuti distribusi Geometri.

**Tabel 4.6** Hasil uji Kolmogorov Smirnov untuk variabel  $y$

Variabel	Distribusi Kegagalan	$p\text{-value}$
Besarnya Kerugian	Eksponensial	0,86090
	Log Normal	0,85820
	Weibull	0,72250

Berdasarkan Tabel 4. 6, nilai  $p\text{-value}$  dari variabel besarnya kerugian lebih besar dari  $\alpha = 0.05$  terdapat pada distribusi Eksponensial, Lognormal dan Weibull yang mengindikasikan tidak ada bukti untuk menolak  $H_0$ . Dengan demikian, besar kerugian mengikuti distribusi Eksponensial, Lognormal, dan Weibull.

#### 4.2.3 Akaike Information Criterion (AIC)

Untuk mencari distribusi yang paling sesuai dengan data maka dipilih distribusi dengan nilai AIC terkecil pada variabel besar kerugian. Hasil perhitungan nilai AIC dirangkum pada tabel berikut.

**Tabel 4.7** Nilai Akaike Information Criterion (AIC) Distribusi Kegagalan

Variabel	Distribusi Kegagalan	AIC
Besarnya Kerugian	Eksponensial	28468,37000
	Lognormal	27960,71000
	Weibull	33657,70000

Pada Tabel 4.7 yang didapat, distribusi marginal  $y$  dipilih Lognormal karena memiliki nilai AIC terkecil yaitu sebesar 27960,71. Dari hasil pemilihan nilai AIC, dapat disimpulkan bahwa



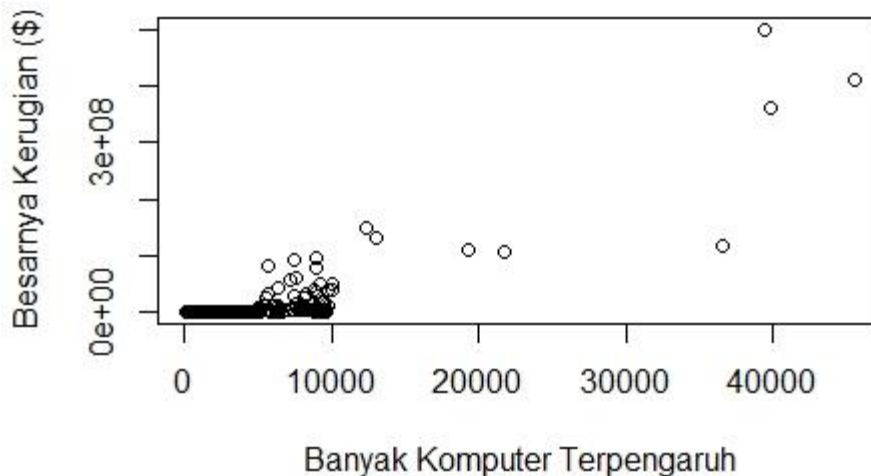
bangkitan dengan fungsi copula akan digunakan parameter  $x \sim \text{Geometri}(0,053974)$  dan  $y \sim \text{Lognormal}(11,04501; 2,13956)$ .

### 4.3 Analisis Copula

Pada penelitian ini fungsi copula digunakan sebagai dasar pembangkitan copula dimana pembangkitan data dengan metode Simulasi Monte Carlo menggunakan parameter copula terpilih. Copula memungkinkan penggabungan semua jenis distribusi marginal untuk variabel ( $x$ ) dan ( $y$ ). Dengan demikian, tidak ada pembatasan yang dikenakan pada jenis distribusi marginal untuk ( $x$ ) dan ( $y$ ). Metode Copula merupakan metode yang ideal untuk menilai hubungan dependensi variabel non-linier yang muncul pada gabungan variabel ( $x$ ) dan ( $y$ ) yang tidak berdistribusi normal. Penggunaan copula secara implisit mengasumsikan kejadian acak yang menyebabkan kerugian akan terulang kembali. (Herath, 2011)

#### 4.3.1 Scatterplot Hubungan Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ )

*Scatterplot* digunakan untuk melihat distribusi data pada variabel  $x$  dan variabel  $y$  dalam satu grafik. Hubungan antara jumlah komputer terdampak serangan siber dan besar digambarkan dengan grafik *Scatterplot* sebagai berikut.



**Gambar 4.3** Grafik *Scatterplot* Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ )

Berdasarkan Gambar 4.3 menjelaskan *Scatterplot* di atas menggambarkan pola hubungan banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ) selaras dan positif artinya, peningkatan banyak komputer terdampak ( $x$ ) juga diikuti dengan peningkatan besar kerugian ( $y$ ). Pada *Scatterplot* terlihat beberapa *outlier* yang mengindikasikan kejadian serangan siber merupakan situasi yang tidak normal.

Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan uji korelasi akan dilakukan dengan uji korelasi Tau Kendall untuk mendapatkan model dari copula Archimedean.

#### 4.3.2 Uji Korelasi Tau Kendall

Selanjutnya dicari korelasi dari gabungan kedua variabel dan melihat ada tidaknya dependensi dari masing masing variabel banyak komputer terdampak serangan siber ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ).

Uji korelasi yang dilakukan menggunakan Uji Tau-Kendall dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$  : Tidak ada korelasi antara  $x$  dan  $y$

$H_1$  : Ada korelasi antara  $x$  dan  $y$

Hasil perhitungan uji korelasi menggunakan Uji Tau-Kendall diperlihatkan pada tabel berikut.

**Tabel 4.8** Hasil Uji Korelasi

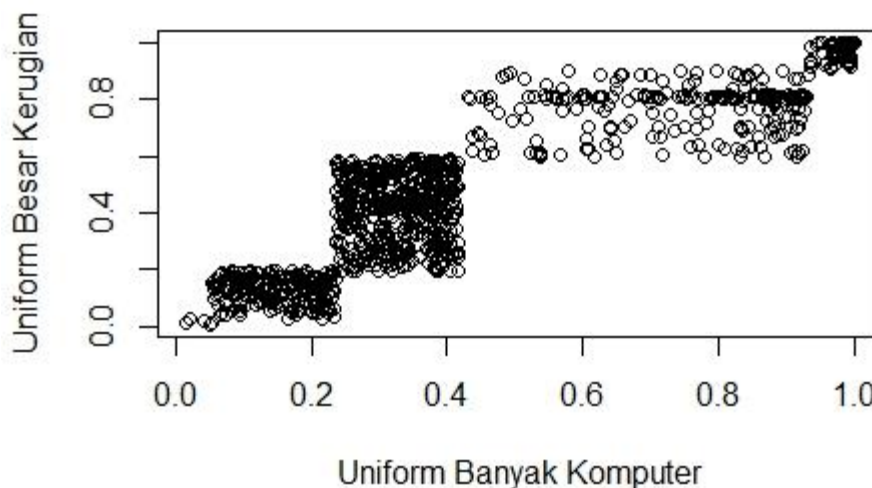
Variabel	$\tau$	$p$ -value
$x$ dan $y$	0,66979	0,0000

Berdasarkan Tabel 4.8 dari pengujian korelasi yang dilakukan, dapat diketahui bahwa hubungan antara banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ) mempunyai hubungan yang positif. Hal ini menunjukkan kejadian hubungan antara banyak komputer terdampak ( $x$ ) berhubungan secara se-linear dengan besar kerugian ( $y$ ), apabila banyak komputer terdampak terjadi maka besarnya akan mengikuti kerugian yang diakibatkan.

Dari uji korelasi Tau Kendall di atas, pola hubungan antara banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ) yang didapatkan mampu dijelaskan dengan baik. Hasil pengujian korelasi memberikan kesimpulan bahwa banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ) memiliki hubungan erat dengan besar kerugian yang diakibatkan berdasarkan  $p$ -value menunjukkan signifikansi terhadap  $p$ -value = 0,00000 yang artinya hubungan antar variabel saling terikat. Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan model copula yang digunakan pada hubungan dependensi variabel  $x$  dan  $y$  adalah copula Archimedean yaitu, copula Clayton, copula Frank, copula Gumbel.

### 4.3.3 Transformasi ke Uniform [0,1]

Untuk melakukan analisis model copula Archimedean, variabel terlebih dahulu ditransformasi ke Uniform[0,1]. Transformasi dilakukan untuk menghasilkan nilai variabel acak memperoleh peluang yang sama yang selanjutnya digunakan sebagai input data memodelkan copula untuk melihat hubungan dependensi antar variabel antara banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ).



**Gambar 4.4** Grafik *Scatterplot* Uniform Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ )

Gambar 4.4 menjelaskan grafik *Scatterplot* uniform Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ ). Jika dibandingkan dengan Gambar 4.1 yang merupakan *Scatterplot* banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ), gambar tidak dapat menunjukkan

struktur dependensinya. Pada Gambar 4.2 merupakan *Scatterplot* banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ). setelah dilakukan transformasi ke Uniform[0,1].

#### 4.3.4 Estimasi Parameter Copula Archimedean

Selanjutnya dilakukan estimasi parameter copula. Estimasi parameter copula dapat menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* atau MLE dimana, model copula terbaik dipilih dengan mempertimbangkan jumlah parameter dalam model. Semakin besar nilai MLE, maka model semakin baik dan layak untuk digunakan.

Estimasi parameter copula dengan estimasi *maximum likelihood* untuk melihat model copula manakah yang paling sesuai untuk memodelkan hubungan dependensi antara banyak komputer terdampak ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ). Parameter copula yang dipilih adalah parameter dengan hasil estimasi *maximum likelihood* yang paling besar.

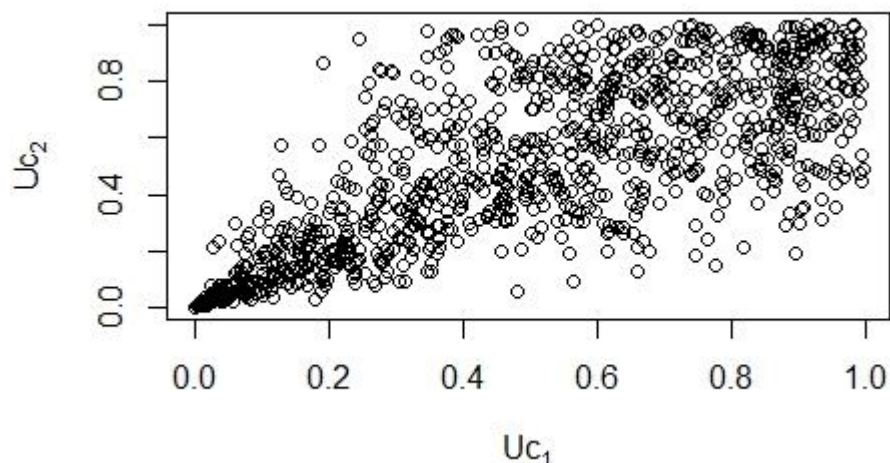
Parameter copula dengan estimasi *log-likelihood* diperlihatkan pada tabel berikut.

**Tabel 4.9** Hasil Estimasi Parameter Copula

Copula	Estimasi Parameter	Log-likelihood
Clayton	$\hat{\theta}_C = 3,44$	693,3
Gumbel	$\hat{\theta}_G = 2,59$	644,3
Frank	$\hat{\theta}_F = 11,42$	759,3

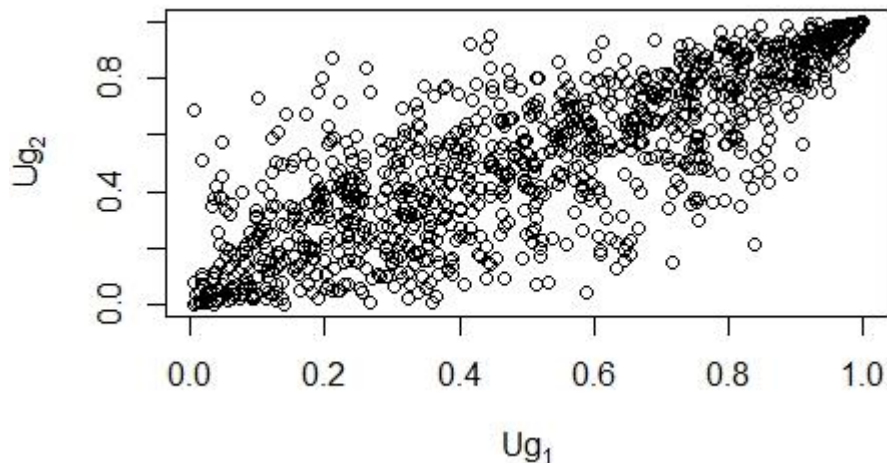
Pada Tabel 4.9 dijelaskan hasil estimasi parameter yang dilakukan dengan parameter copula Archimedean; copula Clayton, copula Gumbel dan copula Frank, didapatkan parameter copula Clayton sebesar 3,44, parameter copula Gumbel sebesar 2,59, dan parameter copula Frank sebesar 11,42.

Plot parameter copula Archimedean; copula Clayton ( $\hat{\theta}_C = 3,44$ ), copula Gumbel ( $\hat{\theta}_G = 2,59$ ), dan copula Frank ( $\hat{\theta}_F = 11,42$ ) diilustrasikan sebagai berikut.



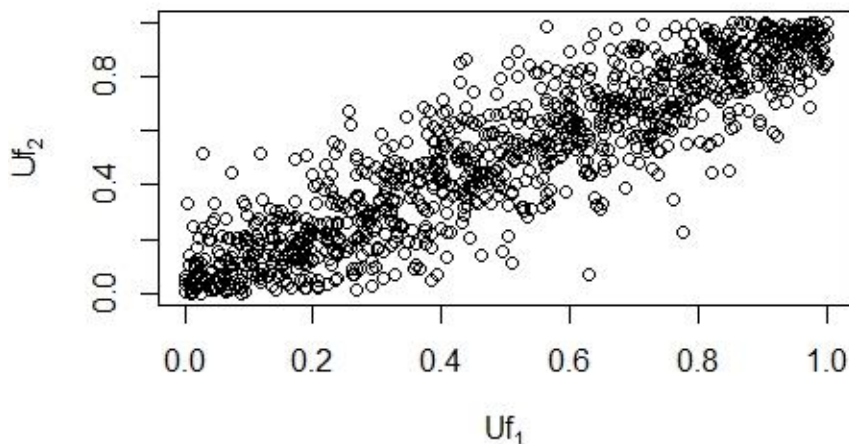
**Gambar 4.5** *Scatterplot* Copula Clayton  $\hat{\theta}_C=3,44$

Gambar 4.5 menjelaskan plot penyebaran data Uniform Clayton dengan parameter sebesar 3,44. Pola yang dihasilkan dari *Scatterplot* data yang membantu memberikan gambaran tentang korelasi (hubungan) antara variabel satu dengan variabel lainnya dengan fungsi Copula Clayton. Plot di atas sesuai dengan ciri plot pada pemodelan copula Clayton mempunyai ciri plot dengan *tail* berada di posisi bawah. Copula Clayton adalah Copula yang memungkinkan tingkat ketergantungan bukan nol (bawah) tertentu antara variabel individu.



**Gambar 4.6** Scatterplot Copula Gumbel  $\hat{\theta}_G = 2,59$

Gambar 4.6 menjelaskan plot penyebaran data Uniform copula Gumbel dengan parameter sebesar 2,59. Pola yang dihasilkan dari *Scatterplot* data yang membantu memberikan gambaran tentang korelasi (hubungan) antara variabel satu dengan variabel lainnya dengan fungsi Copula Gumbel. Plot di atas sesuai dengan ciri Copula Gumbel mempunyai ciri plot dengan *tail* berada di posisi atas. Copula Gumbel adalah copula yang memungkinkan tingkat tertentu ketergantungan ekor (atas) antara variabel individu.



**Gambar 4.7** Scatterplot Copula Frank dengan  $\hat{\theta}_F = 11,42$

Gambar 4.7 menjelaskan plot penyebaran data Uniform copula Frank dengan parameter sebesar 11,42 diilustrasikan pada Gambar 4.7. Pola yang dihasilkan dari *Scatterplot* data yang membantu memberikan gambaran tentang korelasi (hubungan) antara variabel satu dengan variabel lainnya dengan fungsi Copula Frank. Plot di atas sesuai dengan ciri pada plot copula Frank yaitu tidak memiliki *tail* dependensi pada plot-nya. Copula Frank adalah Copula yang kadang-kadang digunakan dalam pemodelan kodependensi.

Dikarenakan dari hasil perhitungan *log-likelihood* didapatkan nilai terbesar pada copula Frank dengan nilai *maximum likelihood* yaitu, 759,3 dengan nilai parameter sebesar 11,42. Selanjutnya fungsi copula Frank akan digunakan sebagai basis pembangkitan data.

#### 4.4 Analisis Perhitungan Premi

Setelah melakukan analisis copula dan didapatkan parameter dari copula Archimedean terbaik yaitu copula Frank sebesar 11,42 maka dilakukan bangkitan data dengan parameter

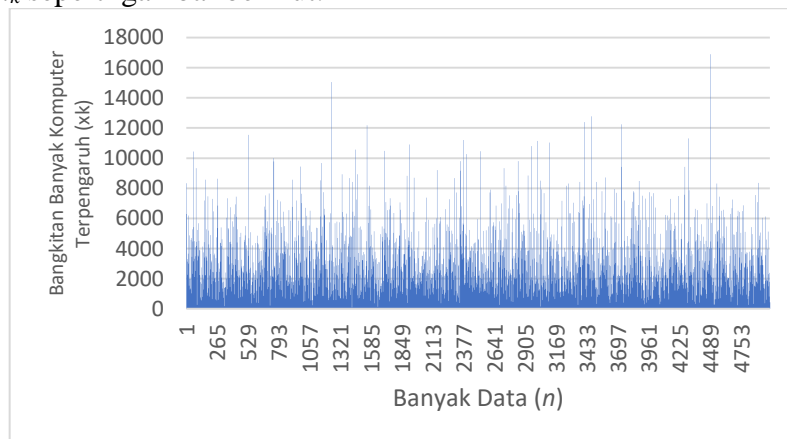
copula Frank ( $\hat{\theta}_F = 11,42$ ) untuk mendapatkan bangkitan data banyak komputer terpengaruh ( $x_k$ ), besar kerugian ( $y_k$ ) dan waktu tunggu kejadian ( $T$ ) yang selanjutnya digunakan untuk menghitung premi murni asuransi siber dengan persamaan (2.35).

#### 4.4.1 Pembangkitan Data Banyak Komputer dan Besar Kerugian Berbasis Copula

Simulasi Monte Carlo dikenal juga dengan istilah *Sampling Simulation* atau *Sampling Technique*. *Sampling Simulation* ini menggambarkan kemungkinan penggunaan data sampel dalam metode Monte Carlo dan juga sudah dapat diketahui atau diperkirakan distribusinya. (Thomopoulos, 2013)

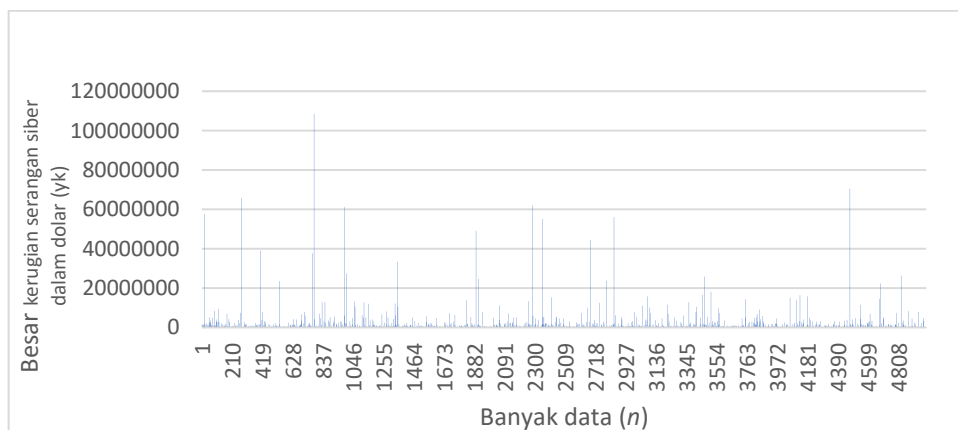
Pada Penelitian ini digunakan simulasi menggunakan data yang sudah ada (historikal data) yaitu Banyak Komputer Terpengaruh ( $x$ ) dan Besar Kerugian ( $y$ ) yang akan dipakai pada simulasi untuk tujuan lain. Jika penduga dari  $f(x)$  dapat ditemukan maka simulasi Monte Carlo didasarkan pada pembangkitan bilangan acak berdasarkan distribusi  $\hat{f}(x)$  dengan dasar teori yang digunakan adalah Jika  $X$  adalah variabel acak dengan fungsi densitas peluang  $f_X(x)$  dan fungsi distribusi kumulatif  $F_X(x)$ , maka  $F_X(x)$  memiliki distribusi seragam  $[0,1]$  (Sartono, 2005).

Pada penelitian ini dibangkitkan data  $x_k$  dan  $y_k$  sebanyak  $n=5000$  data dengan menggunakan parameter copula terbaik yaitu copula Frank dengan  $\hat{\theta}_F = 11,42$  dengan hasil bangkitan data  $x_k$  seperti gambar berikut.



**Gambar 4.8** Hasil Bangkitan Data  $x_k$

Dan hasil bangkitan data besar kerugian kejadian siber dalam dolar ( $y_k$ ) digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 4.9** Hasil Bangkitan Data  $y_k$



#### 4.4.2 Perhitungan Biaya Total Kerugian (L)

Perhitungan biaya total kerugian ( $L$ ) dari kejadian-kejadian siber dilakukan dengan fungsi copula terpilih, yaitu copula Frank dengan persamaan sebagai berikut.

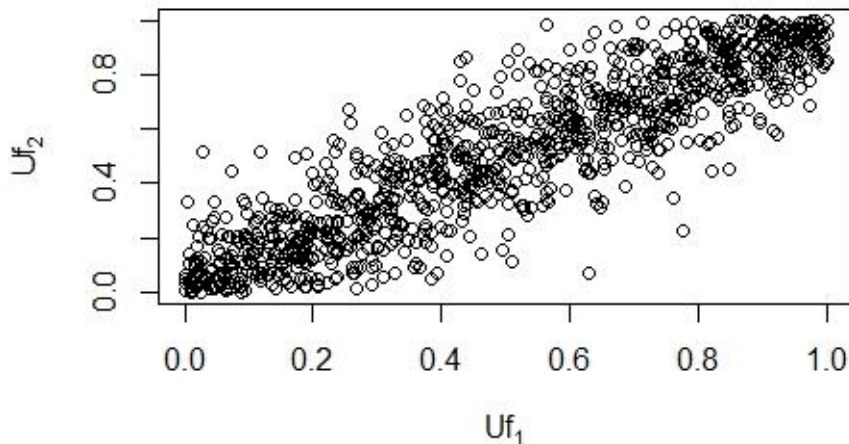
$$f(x_k, y) = c(u_1, u_2) = (1 + 11,42)(x_k \cdot y_k)^{-1-11,42} \left( \frac{1}{11,42} \ln \left( 1 + \frac{(e^{-11,42x} - 1)(e^{-11,42y} - 1)}{e^{11,42} - 1} \right)^{-2} \right)$$

Dimana:

$x_k$ : Bangkitan bilangan acak  $x$  dari copula Frank  $\hat{\theta}_F = 11,42$

$y_k$ : Bangkitan bilangan acak  $y$  dari copula Frank  $\hat{\theta}_F = 11,42$

Hasil dari perhitungan biaya total kerugian ( $L$ ) diilustrasikan pada gambar berikut.



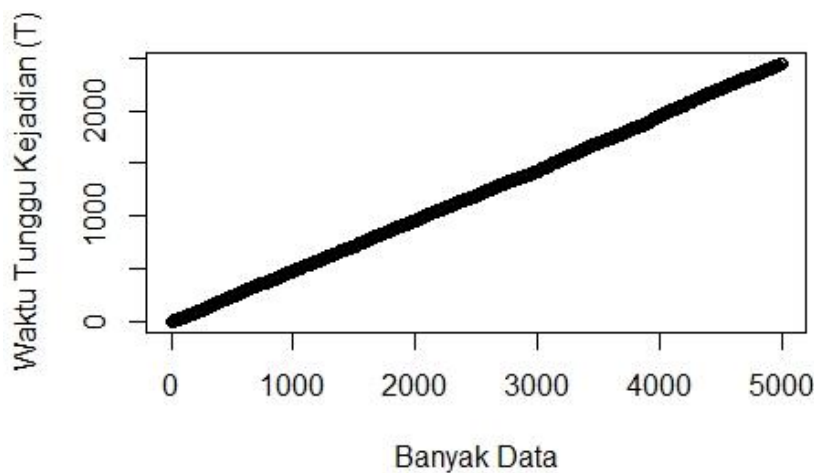
**Gambar 4.10** Hasil Perhitungan Biaya Total Kerugian ( $L$ )

Perhitungan biaya total kerugian ( $L$ ) dengan fungsi copula Frank membentuk pola seperti yang terlihat diatas. Hasil dari perhitungan biaya total kerugian ( $L$ ) akan digunakan sebagai elemen perhitungan premi asuransi siber.

#### 4.4.3 Pembangkitan Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ) dengan Proses Poisson

Berdasarkan Proses Poisson,  $\lambda$  adalah waktu tunggu kejadian yang diharapkan per satuan waktu,  $I$  adalah banyak kejadian pada rentang periode waktu dan tidak bergantung satu sama lain dan diasumsikan klaim hanya akan dibayarkan sekali setelah kejadian. Waktu tunggu antara insiden satu dengan yang lainnya merupakan variabel acak eksponensial dengan nilai harapan  $\frac{1}{\lambda}$ . Hasil Bangkitan waktu tunggu kejadian sebanyak  $n=5000$  kejadian.

Ilustrasi dari hasil bangkitan waktu kejadian digambarkan sebagai berikut.



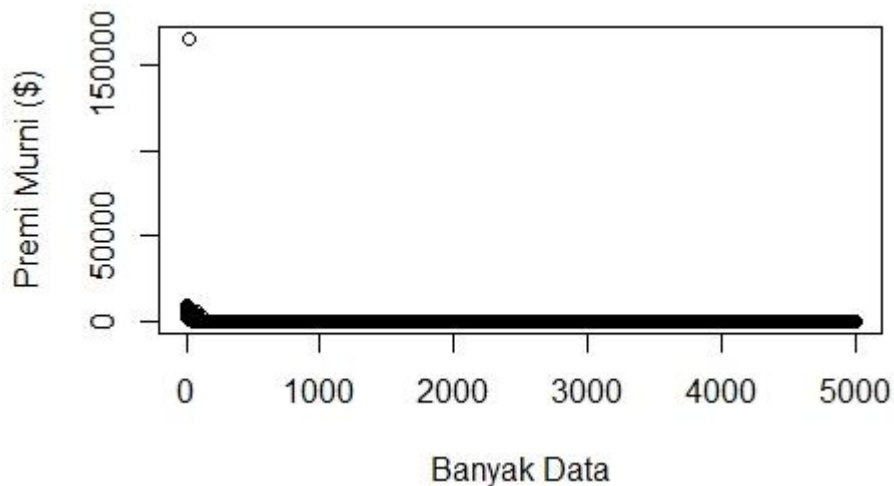
**Gambar 4.11** Ilustrasi Hasil Bangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ )

Pada Gambar 4.8 dihasilkan data waktu tunggu kejadian yang diperoleh dari bangkitan proses poisson yang menunjukkan bahwa waktu tunggu kejadian serangan *ransomware* berkisar antara 0 sampai 3000 hari, pada awal kejadian waktu tunggu kejadian hanya berkisar kurang dari seminggu dan semakin bertambahnya kejadian, waktu tunggu kejadian ke insiden berikutnya akan semakin lama. Sehingga dapat dikatakan bahwa waktu tunggu kejadian serangan siber *ransomware* dalam kurun waktu 15 tahun mengalami peningkatan yang konstan dari satu kejadian ke kejadian lain dimana pada pembangkitan 5000 data didapatkan waktu tunggu kejadian berada di rentang 2 hari – 3000 hari atau 8 tahun 5 bulan 2 hari. Selanjutnya pembangkitan data Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ) digunakan untuk melakukan perhitungan premi.

#### 4.4.3 Perhitungan Premi Murni dengan Data Bangkitan

Perhitungan premi dilakukan dengan menghitung total kerugian yang didapatkan dari Hasil bangkitan simulasi Monte Carlo Banyak Komputer Terpengaruh ( $x_k$ ) dan Besar Kerugian ( $y_k$ ), rate premi sebesar 6% dan hasil bangkitan proses poisson Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ) dengan persamaan (2.37). Perhitungan dilakukan dengan *software* Rstudio dan didapatkan hasil pada Lampiran 6.

*Scatterplot* dari distribusi harga premi asuransi siber digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 4.12** Scatterplot Hasil Perhitungan Premi Murni (\$)

Gambar 4.9 menjelaskan *Scatterplot* distribusi harga premi asuransi siber diatas didapatkan hasil rata-rata perhitungan premi dari pembangkitan data berbasis copula. Detil Gambar 4.9 dari *Scatterplot* harga premi tidak terlihat jelas dan didapatkan sebuah *outlier* bernilai \$165.869,2.

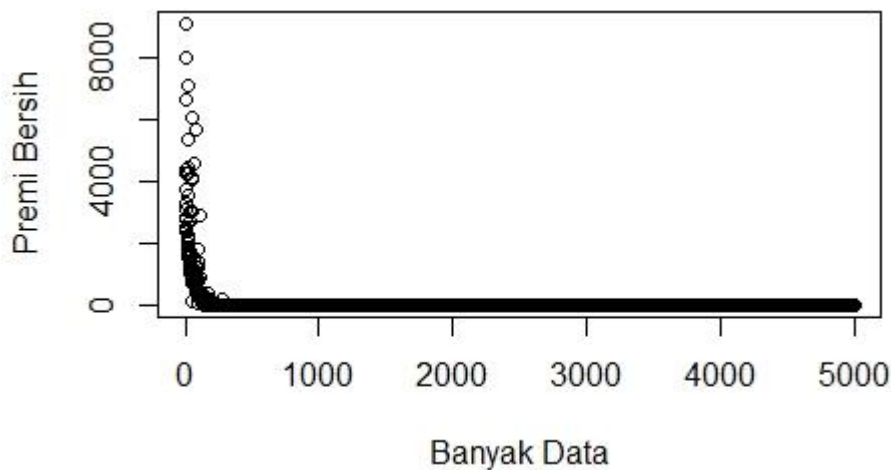
**Tabel 4.10** Statistika Deskriptif Premi Murni

Keterangan	Premi Murni
Banyak Data	5000
Rentang Data	165.869,20
Minimum	0,00
Maksimum	165.869,20
Total	375.639,69
Mean	75,13

**Tabel 4.10** Statistika Deskriptif Premi Murni (Lanjutan)

<i>Varians</i>	5.637.429,86
<i>Skewness</i>	68,19
<i>Kurtosis</i>	4.758,72

Tabel 4.10 menjelaskan hasil premi murni asuransi siber didapatkan rata-rata sebesar \$75, dengan nilai minimum \$0 dan nilai maksimum \$165.869,2. Dari Tabel 4.10 didapatkan nilai varians sebesar 5.637.429,86. Angka varians sangat besar dan dapat diartikan rentang jarak penyebaran nilai premi murni asuransi siber sangat jauh sehingga menghasilkan nilai rata-rata premi murni asuransi siber yang besar untuk tiap perusahaan. Selanjutnya dilakukan analisis hasil perhitungan premi dengan mengabaikan *outlier* premi murni asuransi siber. *Scatterplot* perhitungan premi dengan mengabaikan *outlier* premi murni asuransi siber terlihat pada gambar berikut.



**Gambar 4.13** *Scatterplot* Perhitungan Premi Tanpa *Outlier*

Gambar 4.10 menjelaskan *Scatterplot* distribusi harga premi asuransi siber dengan mengabaikan outlier. Dengan mengabaikan *outlier* dari nilai premi murni asuransi siber dimana, dari hasil *Scatterplot* terlihat 90% dari hasil perhitungan premi bernilai \$0. Data pada Observasi 1 hingga observasi 595 memiliki nilai premi sengan rentang \$0,0001 hingga \$9.099. dan observasi 596 hingga observasi 5000 bernilai \$0. Dengan statistika deskriptif harga premi asuransi siber tanpa *outlier* sebagai berikut.

**Tabel 4.11** Statistika Deskriptif Premi Murni Tanpa *Outlier*

<b>Keterangan</b>	<b>Premi Murni</b>
Banyak Data	4999
Minimum	0,00
Maksimum	9.099,53
Total	209.770,48
Mean	41,96
Varians	137.722,50
<i>Skewness</i>	13,62
<i>Kurtosis</i>	227,79



Tabel 4.11 menjelaskan statistika deskriptif premi murni tanpa *outlier* didapatkan rata-rata harga premi sebesar \$41,96 dengan minimum \$0 dan maksimum \$9.099,53. Dengan total premi sebesar \$209.770,48. Dari data premi murni dengan mengabaikan *outlier* dihasilkan nilai varians yang lebih kecil dari sebelumnya varians premi murni asuransi siber sebesar 5.637.429,86 kini dihasilkan nilai yang lebih kecil yaitu sebesar 137.722,50. Dengan mengabaikan *outlier* pada premi didapatkan nilai varians yang lebih kecil yang berarti jarak penyebaran nilai premi murni asuransi siber antar perusahaan mengecil atau penyebarannya lebih merata.

Sebagai contoh perhitungan premi murni asuransi siber diberikan sebagai berikut

$$P = e^{-rT} L$$

$$P = e^{-(0.06) \cdot (2,78)} \cdot g(3.297, 1.270.143)$$

$$P = \$ 6.669,46$$

Nilai premi pada observasi ke 10, 50, 100 dan 250 disajikan pada tabel berikut ini.

**Tabel 4.12** Nilai Premi Observasi ke-10,50,100 dan 250

Observasi ke-	Banyak Komputer Terpengaruh ( $x_k$ )	Besar Kerugian ( $y_k$ )	Waktu Tunggu Kejadian (T)	Nilai Premi
10	3297	1270143	2,78	6669,46
50	20	9425,43	19,56	134,98
100	323	7178,96	38,76	279,57
250	212	4217,05	109,82	3,87

Perhitungan nilai premi dengan Persamaan 2.35 didapatkan memiliki nilai hingga observasi ke 596 dimana jika didapatkan nilai premi mendekati \$0 maka dapat diinterpretasikan, pihak pertama terdampak serangan siber memiliki waktu tunggu kejadian yang lama sehingga premi yang dibayarkan akan lebih sedikit jika dibandingkan pihak terdampak dengan waktu tunggu kejadian yang lebih lama dimana semakin lama waktu tunggu kejadian maka semakin kecil premi yang dibayarkan ke pihak asuransi. Perhitungan premi murni asuransi siber dengan metode black scholes dinilai lebih adil karena mempertimbangkan kapan kejadian terjadinya sebuah *event*. (Dharmawan, 2016)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini di antaranya:

1. Hasil dari pemodelan banyaknya komputer dan besarnya kerugian menunjukkan bahwa distribusi marginal dari masing-masing variabel bukan normal. Oleh sebab itu metode copula lebih tepat digunakan untuk memodelkan dependensi distribusi frekuensi banyak komputer terpilih yaitu distribusi Geometri dan distribusi kegagalan, distribusi Log Normal yang selanjutnya digunakan untuk mencari hubungan dependensi dengan copula Archimedean terbaik, yaitu copula Frank dengan parameter  $\hat{\theta}_F = 11,42$  yang selanjutnya, parameter copula Frank  $\hat{\theta}_F = 11,42$  digunakan sebagai parameter pembangkitan data dengan simulasi Monte Carlo berdasarkan data historis banyak komputer terpengaruh ( $x$ ) dan besar kerugian ( $y$ ) serangan *ransomware* di America Serikat dari tahun 2004-2020 yang selanjutnya akan dilakukan untuk menghitung besar premi murni asuransi siber.
2. Perhitungan premi asuransi siber dilakukan dengan persamaan  $P = L \cdot e^{-rT}$  dari bangkitan data banyak komputer terpengaruh berbasis copula terpilih, yaitu copula Frank dan besar kerugian dalam dollar berbasis copula Frank. Didapatkan premi murni asuransi siber sebesar \$0 - \$165.870 untuk tiap perusahaan.

### 5.2 Saran

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan premi tanpa mempertimbangkan jenis polis asuransi yang digunakan. Maka pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan perhitungan premi dengan jenis polis asuransi siber *deductible* dan *co-insurance*. Pembangkitan data untuk perhitungan harga premi asuransi siber dapat menggunakan jenis copula dependen lain seperti copula Gaussian maupun di luar jenis copula dependen jika hubungan korelasi antar variabel tidak didapatkan hubungan yaitu dengan copula jenis independen. Pembangkitan data variabel banyak komputer dan besar kerugian akibat *ransomware* dapat menggunakan simulasi selain metode Monte Carlo.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- A. S. Klugman, H. H. (2020). *Loss Models: From Data to Decisions*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Abramowitz, S. I. (1972). *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*. New York: Dover.
- Aisyah, C. E. (2021). *Model Aktuaria Berbasis Copula Untuk Penetapan Harga Premi Asuransi Siber*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Amin, Z., Antonio, K., Beirlant, J., Charpentier, A., & Gary Dean, C. (2020). *Loss Data Analytics*. ewfrees.
- Aminullah, A. (2019). Analisis Pengaruh Iuran Premi Terhadap Perilaku Menjadi Peserta Asuransi Syariah (Studi Kasus Anggota Koperasi di PKPRI Kabupaten Serang). *UIN Banten Repository*, 24-25.
- Anaviroh. (2018). Pemodelan Copula Clayton Untuk Prediksi Klaim Pada Data Longitudinal Dengan Excess Zeros. *Jurnal UJMC, Jilid 1, No 1*, 1-10.
- Anisa, K. N. (2015). *Analisis Hubungan Curah Hujan dan Indikator El-Nino Southern Oscillation di Sentra Produksi Padi Jawa Timur dengan Pendekatan Copula*. Surabaya.
- Awiszus, K., Knispel, T., Penner, I., Svindland, G., Voß, A., & Weber, S. (2021). Modeling and Pricing Cyber Insurance.
- Bank Indonesia. (2020). *Kebijakan Makroprudensial*. Retrieved 03 01, 2022, from <https://www.bi.go.id/id/fungsi-utama/stabilitas-sistem-keuangan/ikhtisar/default.aspx>
- Betterley, R. S. (2018). *The Betterley Report - Cyber and Privacy Insurance*. Dallas: International Risk Management Institute, Inc.
- Bonett, S. (2007). *Simulasi Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Andi.
- Casella, G., & Berger, R. L. (2021). *Statistical Inference, 2nd Edition*. Cengage Learning.
- Casualty Actuarial Society. (2019). *Insurance Rating Variables*. Casualty Actuarial Society, Insurance Information Institute.
- Chubb. (2020). Ringkasan Produk Cyber Enterprise Risk Management Insurance. *Chubb*, 1.
- Cowbell Cyber. (2020, 10 14). *Cyber insurance: the long tail of post-incident recovery activities and expenses*. Retrieved from Cowbell Cyber: <https://cowbell.insure/2020/10/14/cyber-insurance-the-long-tail-of-post-incident-recovery-activities-and-expenses/>
- Dharmawan, K. (2016). *Penerapan Metode Penilaian Kontrak Opsi Dalam Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan*.
- Gibbons, J. (2020). *Nonparametric Statistical Inference 6th Edition*.

- Gujarati, D. N. (2003). *Basic Econometrics* (4th ed.). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Herath, H. (2011). *Copula-based actuarial model for pricing cyber-insurance policies*. Insurance Markets and Companies.
- Hogg RV, C. A. (2005). *Introduction to Mathematical Statistics. 6th Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hogg, R. V. (2015). *Probability and Statistical Inference, 9th Edition*. New York: Pearson.
- Jeremy, I. (2021). *Pemodelan dan Perhitungan Premi Asuransi Keamanan Siber dengan Model Markov dan Model Non-Markov*. Bandung: Universitas Parahyangan.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2012). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson Prentice Hall.
- Kagan, J. (2021, June 25). *Loss Cost*. Retrieved from Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/l/loss-cost.asp>
- Lewis, J. A. (2020, August 17). *Center of Strategic & International Studies (CSIS)*. Retrieved from Dismissing Cyber Catastrophe .
- Marciano, C. (2020). *How are Cyber Insurance Premiums Determined?* Retrieved from Cyber Data Risk Managers LLC. .
- Merriam-Webster. (2022, July 10). *Cyberattack*. Retrieved from Merriam-Webster.com Dictionary: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/cyberattack>
- Nahliyani. (2018). *Pemilihan Model Copula Menggunakan Distribusi Copula Empirik*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Naron, H. (2008). *Introduction To Insurance*. Phnompenh: The Asean Development.
- Nelsen, R. (2005). *An Introduction to Copulas*. New York: Springer Science and Business Media.
- NetDiligence®. (2021). *NetDiligence® Cyber Claims Study*. Gladwyne: NetDiligence®.
- Otoritas Jasa Keuangan. (2016). *Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 67 /POJK.05/2016*. Dipetik Februari 24, 2022, dari Otoritas Jasa Keuangan: <https://ojk.go.id/id/kanal/iknb/regulasi/asuransi/peraturan-ojk/Pages/POJK-tentang-Perizinan-Usaha-dan-Kelembagaan-Perusahaan-Asuransi,-Perusahaan-Asuransi-Syariah,-Perusahaan->
- Sklar, A. (1959). *Distributions With Given Marginals and Statistical Modelling*.
- Statista. (2022). *Estimated cyber insurance market size worldwide in 2020, with forecasts up until 2026* . Retrieved from Statista.
- Thomopoulos, N. T. (2013). *Essentials of Monte Carlo Simulation Statistical Methods for Building Simulation Models*. Springer.

Thorin, O. (1977). *On the infinite divisibility of the lognormal distribution*. Scandinavian Actuarial Journal.

Tsen, E. K. (2020). *Dataset of Data Breaches and Ransomware Attacks over 15 Years from 2004 to 2020*. University of Queensland.

Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistik*.

Ziegel, J. N. (2011). *Inference in multivariate Archimedean copula models*. Springer.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**Lampiran 1 Data Penelitian**

<b>No.</b>	<b>Organisation</b>	<b>Number of users affected</b>	<b>Estimated Loss</b>
1	AOL	7.435	92.000.000
2	ChoicePoint	1.930	145.000
3	Bank of America	858	60.000
4	Boston College	804	100.000
5	CardSystems	9.793	40.000.000
6	Citigroup	7.915	3.950.000
7	Ford Motor Co.	675	70.000
8	George Mason University	564	32.000
9	MCI Inc	633	16.500
10	Motorola	2.562	432.000
11	Northwestern University	954	21.500
12	Scottrade Troy Group	9.069	1.400.000
13	Sonoma State University	551	61.709
14	Tufts University	3.759	106.000
15	U.S. Air Force	630	33.000
16	U.S. Department of Veterans Affairs	7.399	26.500.000
17	University of California	800.000	4.963
18	University of California, Berkeley	98.000	887
19	University of Colorado, Boulder	49.000	667
20	University of Connecticut	72.000	544
21	Wachovia Bank	48.000	566
22	Bisys Group Inc.	61.000	878
23	Buckeye Community Health Plan	85.000	971

**Lampiran 1** Data Penelitian (Lanjutan)

<b>No.</b>	<b>Organisation</b>	<b>Number of users affected</b>	<b>Estimated Loss</b>
24	Buffalo Bisons Choice One Online	137.000	2.989
26	Dollar Tree	187.000	2.703
27	Fidelity Investments	196.000	4.656
28	Georgetown University	41.000	840
29	Honeywell International	19.000	894
30	Mercantile Potomac Bank	50.000	631
31	Northwestern University	220.000	3.972
32	Ohio University	320.000	4.516
33	Premier Bank	385.000	3.766
34	Providence Home Services	365.000	3.350
35	Ross-Simons	60.000.000	7.522
36	Sacred Heart University	135.000	1.859
37	Second Life	660.000	2.669
38	Sentry Insurance	110.000	2.336
39	TJX Companies Inc	94.000.000	8.961
40	U.S. Department of Agriculture	26.000	813
41	Union Pacific	135.000	1.150
42	University of Notre Dame	15.000	972
43	Texas McCombs School of Business	197.000	3.451
44	Vermont State Colleges	18.000	599
45	Western Illinois University	21.000	917

**Lampiran 1** Data Penelitian (Lanjutan)

<b>No.</b>	<b>Organisation</b>	<b>Number of users affected</b>	<b>Estimated Loss</b>
47	Art.com	35.000	873
48	Certegy Check Services Inc	8.500.000	6.468
49	Chicago Public Schools	40.000	740
50	ChildNet	12.000	595
⋮	⋮	⋮	⋮
1031	Travis Credit Union	76.100	899
1032	Travis mathew, LLC	20.200	589
1033	UnityPoint Health	4.550	159
1034	University of Alaska	1.400.000	9.492
1035	West Hills Hospital & Medical Center	31.800	532
1036	Alana Healthcare	185.000	1.890
1037	Blue Cross Blue Shield of Massachusetts	60.000	512
1045	Integrated Regional Laboratories, LLC	3.030	234
1046	Las Colinas Orthopedic Surgery & Sports Medicine,	29.644	775
1047	Maffi Clinics	76.000	888
1048	Memorial Hospital at Gulfport	10.465	884
1049	Pasquotank-Camden Emergency Medical Service	30.000	567
1050	Pitney Bowes	40.000	702
1051	Providence Health Plan	53.800	954
1045	Integrated Regional Laboratories, LLC	3.030	234
1046	Las Colinas Orthopedic Surgery & Sports Medicine,	29.644	775
1047	Maffi Clinics	76.000	888

**Lampiran 1** Data Penelitian (Lanjutan)

<b>No.</b>	<b>Organisation</b>	<b>Number of users affected</b>	<b>Estimated Loss</b>
1052	Quest Diagnostics	3.067	122.000
1053	Roper St. Francis Healthcare	5.329	12.000.000
1054	The Brooklyn Hospital Center	801	37.800
1055	Union Labor Life Insurance Company	989	57.000
1056	Valley Hope Association	718	87.400
1057	Verity Health System of California, Inc.	891	39.500
1058	The UPS Store	945	14.894

## Lampiran 2 Syntax RStudio

```
#1. Package yang digunakan
library(VGAM)
library(ggplot2)
library(fitdistrplus)
library(MASS)
library(stats)
library(graphics)
library(dgof)
library(jmuOutlier)
library(copula)
library(vcd)
library(writexl)

data <- read_excel("EXCEL R TA- PREMIUM.xlsx")
x = data$`Number of users affected`
y = data$`Estimated Loss`

#2. Menganalisis hubungan antar variabel
plot(x,y,xlim=c( 26, 45557),ylim=c(253, 500000000),xlab="banyaknya komputer
terpengaruh", ylab="besarnya kerugian")
ks.test(x,"pnorm")
ks.test(y,"pnorm")
cor(x, y, method = c("kendall"))
cor.test(x, y, method=c("kendall")) #uji korelasi tolak h0 (h1) ada korelasi

#3. Mencari distribusi marjinal
hist(x, xlab="banyaknya komputer terpengaruh", ylab="Frekuensi",breaks = 4, col = "green",
density = 10)
hist(y, xlab="besarnya kerugian", ylab="Frekuensi",breaks = 3, col = "green", density = 10)

#4. Fitting distribution
#DistribusiBanyak
parameterpoisson <- fitdistr(x,"poisson")
parameterpoisson #poisson: 1851.742668
parametergeometric <- fitdistr(x,"geometric")
parametergeometric #geom: 5.397404e-04
parameterbinom <- fitdistr(x,"negative binomial")
parameterbinom #binom: 8.949998e-01, 1.851743e+03

#Distribusi Waktu
parameterweibull <- fitdistr(y, "weibull")
parameterweibull #weibull: 3.689017e-01, 1.737470e+05
parameterexponential <- fitdistr(y, "exponential")
parameterexponential #exponensial: 3.312514e-07
parameterlognormal <- fitdistr(y, "lognormal")
parameterlognormal #lognormal: 11.04501427, 2.13956334
```

## Lampiran 2 Syntax RStudio (Lanjutan)

```
#5. goodness of fit test
ks.test(x,"ppois",1851.742668)
ks.test(x,"pgeom",5.397404e-04)
ks.test(x,"pnbinom",8.949998e-01, 1.851743e+03)

# Kolmogorov-Smirnov Test
ks.test(y,"pexp",3.312514e-07)
ks.test(y,"plnorm",11.04501427,2.13956334)
ks.test(y,"pweibull",3.689017e-01,1.737470e+05)

#6. Akaike Information Criterion
AICGeometric <- AIC(parametergeometric)
AICGeometric #18022.06 (terkecil)
AICPoisson <- AIC(parameterpoisson)
AICPoisson #2827785
AICWeibull <- AIC(parameterweibull)
AICWeibull #28468.37
AICExponential <- AIC(parameterexponential)
AICExponential #33657.7
AICLognormal <- AIC(parameterlognormal)
AICLognormal #27960.71(terkecil)

#7. Pemilihan model copula yang sesuai
unifx <- pgeom(x, 5.397404e-04, lower.tail = TRUE)
unify <- plnorm(y, 11.04501427, 2.13956334, lower.tail = TRUE)
plot(unifx,unify, xlab = "uniform banyaknya komputer", ylab = "uniform besarnya
kerugian")
kendall.tau(unifx,unify)
bersama <- cbind(unifx,unify)

#Copula Clayton
claytonbersama <- claytonCopula()
fitclaytonbersama <- fitCopula(claytonbersama,bersama,method="ml",optim.control=list(
maxit=2000))
```

## Lampiran 2 Syntax RStudio (Lanjutan)

```
fitclaytonbersama #alpha: 3.436 ; MLE: 693.3
dc = 2 # dimension
thetac = 3.436 # copula parameter
cc = claytonCopula(thetac, dim = dc)
Uc <- rCopula(1057, copula = cc)
plotg=plot(Uc, xlab = quote(Uc[1]), ylab = quote(Uc[2]))
#Copula Gumbel
gumbellbersama <- gumbelCopula()
fitgumbelbersama <- fitCopula(gumbellbersama,bersama,method="ml",optim.control=list(
maxit=2000))
fitgumbelbersama #alpha=2.585 ; MLE = 644.3
dg = 2 # dimension
thetac = 2.585 # copula parameter
cg = gumbelCopula(thetac, dim = dg)
Ug <- rCopula(1057, copula = cg)
plotg=plot(Ug, xlab = quote(Ug[1]), ylab = quote(Ug[2]))
#Copula Frank
frankbersama<-frankCopula()
fitfrankbersama<-
fitCopula(franksama,bersama,method="ml",optim.control=list(maxit=2000))
fitfrankbersama #alpha=11.42 ; MLE = 759.3
df = 2 # dimension
thetac = 11.42 # copula parameter
cf = frankCopula(11.42, dim = df)
Uf <- rCopula(1057, copula = cf)
plotg=plot(Uf, xlab = quote(Uf[1]), ylab = quote(Uf[2]))
#8. Pembangkitan banyak data komputer
alphafrank <- 11.421
set.seed(15)
cop.bestBM <- frankCopula(param=11.42)
cop.distBM<-
mvdc(copula=cop.bestBM,margins=c("geom","lnorm"),paramMargins=list(list(5.397404e-
04), list(11.04501427, 2.13956334)))
data_frank <- rMvdc(5000,cop.distBM)
```

## Lampiran 2 Syntax RStudio (Lanjutan)

```
dataxk <- data_frank[,1]
dataxk
plot(dataxk)
dfX=data.frame(dataxk)
write_xlsx(dfX, "C:/Users/Maqdir Ismail/Desktop/data X.xlsx")
#9. Pembangkitan data besarnya kerugian
datayk <- data_frank[,2]
datayk
plot(datayk)
dfY=data.frame(datayk)
write_xlsx(dfY, "C:/Users/Maqdir Ismail/Desktop/data Y.xlsx")
#10. Pembangkitan waktu tunggu kejadian
set.seed(15)
t = rep(0,
       5001)
t
u <- runif(5000,0,1)
u
lambda <- 2
for (i in 1:5000){
  t[i+1] <- t[i]-1/lambda*log(u[i])
}
t
plot(t)
dft=data.frame(t)
write_xlsx(dft, "data T.xlsx")
settlement(dataxk,datayk)

#Model asuransi siber tipe 1
delta <- c(0.06)
time <- t[2:5001]
P <- data_frank
premi1 <- biner*P*exp(-delta*time)
premi1
plot(premi1)
dfpremi1=data.frame(premi1)
write_xlsx(dfpremi1, "Book2.xlsx")
```



**Lampiran 3** Pembangkitan Data Banyak Komputer Terpengaruh ( $x_k$ )

[1]	1.707	401	6.288	1.949	847	8.329	3.127	542	2.152	3.297	204	1.924
[13]	1.317	2.271	3.672	3.415	1.098	6.191	281	2.777	3.015	2.920	819	110
[25]	209	297	1.545	1.992	4.867	1.198	1.278	549	1.253	231	1.331	1.986
[37]	4.571	1.132	240	1.343	665	2.645	4.703	555	780	1.038	742	2.588
[49]	3.440	20	2.035	2.319	2.710	5.270	528	4.475	1.830	2.772	3.153	591
[61]	719	10.441	1.290	2.392	4.835	5.421	2.756	744	3.315	4.499	2.112	2.116
[73]	961	2.115	3.502	1.966	560	490	182	2.517	1.898	4.092	2.679	3.334
[85]	9.335	4.458	328	3.581	848	2.971	4.176	22	257	177	5.228	266
[97]	2.647	604	3.227	323	2.589	3.527	3.464	194	961	1.368	5.674	4.518
[109]	1.991	712	383	3.919	513	277	2.220	2.208	3.871	1.540	1.127	1.350
[121]	1.779	660	754	245	602	183	189	554	131	1.658	243	1.289
[133]	854	2.759	2.268	106	483	1.522	4.135	1.844	121	797	56	1.289
[145]	179	1.030	686	3.756	1.344	1.969	642	2.656	1.895	4.437	3.418	2.525
[157]	329	4.758	7.185	1.603	1.288	2.214	8.572	2.825	1.526	2.239	716	1.922
[169]	712	3.485	686	5.285	866	2.667	2.429	3.401	1.482	3.194	1.073	778
[181]	457	879	182	462	7.473	202	1.931	1.368	981	4.476	5.200	107
[193]	1.049	321	4.275	825	318	4.027	13	1.204	1.225	2.226	1.240	2.620
[205]	223	2.385	4.888	4.654	3.638	1.483	852	1.130	1.612	1.636	3.192	1.292
[217]	8	3.087	2.005	181	393	655	2.449	1.291	1.500	7.303	1.985	1.429
[229]	1.845	880	2.422	2.316	125	6.469	722	102	3.566	221	1.014	3.663
[241]	1.194	187	1.858	2.033	963	334	2.031	618	128	212	1.344	1.781
[253]	3.366	355	2.317	690	713	4.746	98	2.448	10	553	409	900
[265]	5.359	1.677	601	1.473	8.639	3.021	578	6.858	1.679	1.859	540	595
[277]	110	1.645	2.751	3.018	1.136	2.657	1.234	2.443	14	1.112	18	284
[289]	1.372	419	3.141	1.604	4.369	4.031	2.105	4.378	45	5.401	2.227	2.063
[301]	997	544	665	4.173	1.795	4.626	2.478	1.340	33	1.755	1.085	1.358
[313]	34	1.126	28	1.369	1.599	1.803	732	142	229	1.643	3.007	3.983
[325]	179	63	1.385	1.239	1.263	200	1.384	1.040	899	1.441	19	947
[337]	1.455	1.169	2.412	1.704	665	757	2.014	133	899	733	6.049	838
[349]	1.129	1.296	438	857	7.335	1.577	3.493	3.352	3.073	929	5.367	5.274
[361]	1.898	3.651	3.451	477	2.668	2.058	249	2.949	315	18	4.424	207
[373]	2.342	148	583	1.461	534	6.734	4.268	4.450	1.316	1.280	4.306	1.372
[385]	130	1.153	34	2.252	182	1.174	3.028	384	886	5.802	3.053	1.001
[397]	2.652	155	490	4.095	2.921	213	1.195	5.449	2.236	323	1.277	1.390
[409]	1.653	962	267	1.444	66	6.281	576	1.793	1.743	53	3.306	1.801
[421]	6.933	420	2.915	289	1.922	2.435	469	7.452	6.114	282	4.030	2.370
[433]	2.487	2.947	4.404	1.088	511	143	2.169	5.281	1.755	3.038	962	3.243
[445]	805	521	2.092	408	632	701	-	2.574	661	2.214	1.333	2.070
[457]	944	1.302	4.764	31	3.393	777	478	1.268	468	532	385	5.038
[469]	608	559	705	3.266	2.692	2.066	848	536	2.821	442	63	822
[481]	1.246	1.471	102	2.484	1.436	2.367	892	367	693	544	2.450	103
[493]	283	2.861	1.097	1.860	3.281	4.449	2.629	3.216	4.567	1.227	2.444	1.389

**Lampiran 3** Pembangkitan Data Banyak Komputer Terpengaruh ( $x_k$ ) (Lanjutan)

[505]	4.867	705	1.318	206	5.487	345	3.956	3.074	3.889	927	4.224	898
[517]	2.466	2.286	192	1.566	2.344	1.520	129	1.693	921	1.287	622	3.873
[529]	474	1.111	3.517	1.161	411	####	1.292	636	4.691	968	1.931	1.054
[541]	2.383	970	292	2.613	597	2.223	2.735	2.057	32	984	114	5.092
[553]	2.162	1.214	189	311	381	1.021	1.588	1.004	1.059	500	200	2.063
[565]	1.603	2.663	4.205	1.134	1.784	580	638	3.087	2.542	946	318	54
[577]	8	2.381	100	159	704	117	1.055	629	2.263	479	30	1.925
[589]	986	1.165	1.918	2.555	1.595	4.357	445	1.251	209	1.124	2.541	1.985
[601]	1.650	336	419	1.179	699	175	2.011	533	866	2.887	4.862	870
[613]	4.374	75	401	301	92	3.045	1.223	784	4.283	914	1.167	1.090
[625]	1.477	3.123	349	102	91	3.798	3.985	860	2.248	1.678	509	2.416
[637]	2.582	1.342	3.190	153	2.720	3.838	3.245	1.428	1.099	1.217	559	1.327
[649]	2.874	422	968	2.098	292	2.134	2.631	5.473	170	377	238	550
[661]	3.907	857	159	544	1.781	393	2.122	2.718	1.705	802	615	6.779
[673]	2.059	5.081	376	615	3.761	1.280	7.525	361	2.248	6.566	1.142	1.455
[685]	1.439	4.844	5.359	577	851	1.894	4.625	2.289	5.806	162	2.515	1.110
[697]	1.948	490	1.302	5.006	4.166	457	990	1.461	777	3.480	2.621	2.506
[709]	78	7.648	5.222	22	2.049	2.090	2.032	4.001	118	215	694	1.268
[721]	50	464	737	2.205	1.963	5.059	741	5.373	2.524	117	159	1.319
[733]	793	3.669	4.965	1.438	2.607	109	1.139	2.127	694	968	2.149	3.979
[745]	9.995	4.461	1.018	2.079	1.067	2.394	9.790	2.306	2.057	2.855	193	2.713
[757]	2.457	2.784	283	253	533	731	2.869	4.899	2.377	1.824	779	708
[769]	345	1.033	1.911	577	5.826	807	1.428	3.732	739	3.909	566	228
[781]	1.428	2.226	7.236	317	179	590	3.540	2.301	1.016	503	5.706	1.491
[793]	1.584	117	786	2.710	1.615	1.411	3.067	1.065	337	727	1.289	3.675
[805]	57	451	1.982	5.265	7.119	1.860	589	1.811	280	1.250	393	2.250
[817]	5.039	856	5.416	435	163	1.144	3.703	100	815	3.567	3.672	1.240
[829]	3.627	1.652	2.290	6.451	3.652	931	3.271	140	2.267	21	3.791	983
[841]	4.483	132	5.500	2.046	3.585	331	682	3.633	1.674	1.222	2.270	4.150
[853]	93	1.064	951	4.446	1.888	766	1.905	439	368	1.076	1.703	2.261
[865]	1.249	1.528	231	3.961	1.815	4.349	1.482	1.074	1.798	341	67	172
[877]	1.541	6.546	329	1.443	1.666	828	176	3.128	3.009	3.534	1.290	2.217
[889]	507	849	2.193	5.853	360	2.460	220	239	643	666	1.348	850
[901]	2.071	9	370	146	1.798	6.756	2.112	596	1.067	420	4.234	8.570
[913]	2.644	1.772	1.299	766	1.816	28	655	297	1.580	362	511	823
[925]	1.307	4.499	726	2.481	3.704	1.209	323	4.748	195	1.907	558	1.016
[937]	188	797	114	3.381	1.118	1.575	4.521	7.182	693	472	1.486	3.263
[949]	806	52	2.877	299	954	784	522	3.052	2.661	4.864	305	68
[961]	5.857	2.104	1.873	623	614	264	2.053	1.368	1.268	29	1.563	165
[973]	3.664	3.134	100	730	972	1.265	9.440	114	2.553	3.044	1.446	2.137
[...]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
[4989]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	430

**Lampiran 4 Pembangkian Data Besar Kerugian ( $y_k$ )**

[1]	1,64E+06	4,16E+03	3,88E+05	2,68E+05	3,53E+04	1,50E+06
[7]	4,91E+05	7,14E+04	1,69E+05	1,27E+06	6,18E+03	3,23E+05
[13]	7,36E+04	5,47E+04	6,82E+05	4,46E+05	1,84E+04	5,75E+07
[19]	3,10E+04	2,23E+05	1,93E+06	9,41E+05	2,53E+04	9,74E+03
[25]	1,77E+05	1,77E+05	1,71E+04	1,21E+04	1,92E+06	3,54E+04
[31]	1,60E+05	1,42E+04	7,68E+04	3,49E+03	8,73E+04	2,62E+05
[37]	1,27E+04	2,88E+04	1,71E+04	1,08E+05	1,33E+06	1,34E+04
[43]	1,16E+06	2,57E+04	6,76E+03	2,52E+04	2,43E+05	1,30E+05
[49]	2,62E+06	9,43E+03	1,90E+05	2,31E+05	8,02E+05	5,19E+06
[55]	1,52E+03	8,50E+05	1,28E+05	2,44E+06	3,60E+06	2,69E+04
[61]	2,61E+04	1,96E+05	3,02E+04	2,18E+05	9,13E+05	4,98E+05
[67]	1,05E+06	3,25E+04	3,46E+05	4,90E+06	2,90E+05	7,27E+04
[73]	2,96E+04	7,44E+04	2,58E+05	3,68E+05	1,31E+02	1,44E+04
[79]	1,18E+04	2,31E+05	2,04E+05	1,19E+06	5,61E+05	8,89E+05
[85]	8,36E+06	4,21E+05	6,93E+03	6,38E+05	1,97E+04	1,71E+05
[91]	6,51E+05	8,75E+03	2,42E+04	1,02E+04	1,15E+06	5,15E+03
[97]	2,84E+06	2,78E+04	4,00E+06	7,18E+03	1,67E+05	4,53E+05
[103]	2,66E+06	1,07E+04	2,38E+04	6,06E+04	6,53E+05	2,66E+05
[109]	1,77E+05	6,71E+04	4,31E+04	9,43E+06	2,84E+04	4,88E+03
[115]	1,63E+05	1,55E+05	2,90E+06	1,37E+05	4,73E+04	4,08E+04
[121]	1,63E+05	3,52E+04	6,08E+05	4,60E+03	3,48E+03	1,32E+03
[127]	4,55E+04	4,82E+04	4,51E+03	3,51E+05	6,63E+03	2,94E+05
[133]	4,97E+04	1,09E+05	2,08E+06	1,95E+03	1,54E+03	1,99E+05
[139]	1,39E+06	4,56E+05	1,19E+03	3,16E+04	9,27E+03	8,07E+04
[145]	1,53E+04	1,72E+04	1,96E+04	9,07E+05	1,01E+05	5,85E+04
[151]	2,59E+03	8,25E+04	5,15E+05	7,25E+05	3,29E+05	7,06E+05
[157]	8,30E+03	1,88E+05	3,48E+05	1,35E+04	5,38E+04	7,41E+04
[163]	1,75E+06	7,23E+04	1,54E+05	9,34E+05	8,82E+04	2,64E+05
[169]	1,85E+04	1,96E+05	2,66E+02	6,92E+06	3,27E+04	2,23E+05
[175]	2,72E+05	6,15E+05	3,11E+04	1,95E+05	5,99E+04	1,48E+04
[181]	1,26E+04	4,21E+04	1,70E+03	6,74E+03	4,19E+06	9,58E+03
[187]	2,99E+05	6,52E+04	3,06E+04	2,81E+06	4,43E+05	1,44E+04
[193]	3,43E+04	1,93E+04	2,92E+05	9,55E+04	6,29E+03	2,53E+05
[199]	5,26E+03	3,66E+04	7,85E+04	4,76E+05	1,45E+05	3,03E+05
[205]	1,83E+03	1,35E+05	2,51E+05	3,39E+05	3,03E+05	5,48E+05
[211]	2,66E+04	1,18E+05	5,41E+04	2,07E+05	7,48E+05	1,41E+04
[217]	4,45E+03	1,18E+05	1,40E+05	5,51E+04	3,26E+03	1,60E+04
[223]	1,96E+05	6,22E+04	7,23E+05	2,12E+06	3,01E+04	1,42E+04
[229]	1,30E+05	2,30E+04	2,04E+05	8,07E+05	1,07E+04	1,10E+06
[235]	1,35E+04	1,41E+03	1,63E+05	1,56E+03	5,01E+04	4,71E+05
[241]	3,65E+04	2,18E+04	2,74E+04	1,17E+06	8,03E+04	1,83E+04
[247]	1,79E+05	1,92E+04	6,12E+03	4,22E+03	4,65E+04	6,65E+04
[253]	3,94E+06	2,31E+04	1,02E+05	5,09E+03	9,95E+03	2,15E+06
[259]	1,26E+04	1,56E+05	1,00E+03	1,53E+04	1,53E+04	4,10E+03
[265]	7,51E+06	3,97E+04	3,09E+04	5,58E+04	4,86E+05	4,68E+05

**Lampiran 4** Pembanggaan Data Besar Kerugian ( $y_k$ ) (Lanjutan)

[271]	7,83E+04	6,58E+07	2,87E+05	2,50E+04	1,06E+05	2,91E+04
[277]	6,44E+03	5,08E+04	1,99E+05	1,54E+05	1,32E+05	2,70E+05
[283]	3,27E+04	3,42E+04	3,85E+02	4,66E+04	9,05E+03	9,91E+03
[289]	3,10E+04	8,18E+03	2,63E+05	1,56E+05	9,24E+05	2,79E+06
[295]	2,55E+05	1,05E+06	8,36E+03	1,36E+06	1,02E+06	1,69E+05
[301]	3,27E+04	3,43E+04	1,51E+04	1,20E+06	2,89E+05	1,68E+06
[307]	1,23E+05	5,59E+04	8,66E+03	7,11E+04	1,20E+05	1,53E+05
[313]	3,35E+04	8,20E+03	4,62E+03	6,33E+03	1,99E+05	4,09E+05
[319]	3,56E+04	5,69E+03	1,80E+04	2,25E+05	7,04E+05	4,85E+05
[325]	1,60E+03	2,13E+04	5,03E+04	3,12E+04	3,45E+04	2,74E+04
[331]	2,28E+05	2,08E+04	7,66E+04	9,64E+05	1,26E+04	1,50E+04
[337]	1,13E+05	3,73E+03	1,29E+05	6,41E+04	1,77E+03	2,70E+04
[343]	5,50E+05	3,43E+03	6,44E+03	1,57E+04	8,85E+05	9,83E+04
[349]	2,41E+04	8,98E+04	1,02E+05	1,59E+04	3,65E+05	1,35E+05
[355]	6,09E+05	5,01E+05	7,07E+05	2,65E+04	2,97E+05	4,73E+05
[361]	2,47E+05	1,21E+05	1,75E+05	1,66E+04	4,97E+05	2,66E+05
[367]	6,17E+03	5,82E+05	5,20E+03	4,66E+03	2,17E+06	2,10E+04
[373]	1,09E+06	1,19E+04	2,63E+04	7,35E+04	1,99E+04	7,69E+05
[379]	1,11E+06	6,30E+05	5,03E+04	3,57E+04	1,20E+06	7,35E+04
[385]	1,87E+03	6,66E+03	9,60E+02	5,51E+04	3,01E+04	2,37E+05
[391]	3,52E+05	3,32E+02	2,39E+04	1,57E+06	1,59E+05	1,90E+04
[397]	1,44E+05	5,57E+03	4,83E+04	1,55E+06	4,88E+05	4,38E+02
[403]	4,77E+04	3,90E+07	3,81E+05	4,81E+04	8,44E+05	2,33E+05
[409]	1,63E+05	5,69E+03	1,38E+04	4,13E+04	6,27E+03	3,82E+06
[415]	8,11E+03	2,45E+05	7,36E+04	6,01E+03	2,50E+05	1,28E+05
[421]	7,90E+06	2,17E+04	1,03E+06	8,55E+03	7,70E+04	3,01E+05
[427]	1,75E+04	6,26E+05	3,28E+06	1,10E+04	4,71E+05	5,37E+04
[433]	1,28E+05	8,44E+04	2,80E+06	1,40E+04	1,92E+04	1,29E+03
[439]	2,20E+05	1,61E+06	3,39E+05	1,37E+05	8,70E+04	2,91E+05
[445]	3,98E+04	3,34E+04	1,22E+05	8,33E+04	8,31E+04	5,84E+03
[451]	1,98E+03	1,03E+05	2,55E+04	2,09E+04	4,42E+04	1,49E+05
[457]	1,46E+04	1,16E+05	1,83E+05	3,14E+03	1,63E+06	8,47E+04
[463]	1,15E+04	8,69E+04	2,19E+04	4,66E+03	1,09E+04	1,23E+06
[469]	4,76E+02	2,37E+04	1,94E+04	2,23E+05	1,10E+05	5,32E+04
[475]	3,07E+04	2,90E+04	6,15E+05	5,39E+03	9,09E+03	9,24E+03
[481]	1,42E+05	3,04E+04	5,02E+04	2,24E+05	1,61E+05	6,59E+05
[487]	3,57E+04	1,33E+04	9,24E+04	1,26E+05	2,77E+05	5,84E+03
[493]	5,15E+02	1,57E+06	5,09E+04	5,80E+04	4,99E+05	2,68E+05
[499]	4,05E+05	2,87E+05	8,63E+04	5,68E+04	1,73E+04	1,65E+05
[505]	1,32E+05	1,70E+05	2,05E+04	1,18E+04	2,13E+06	1,11E+04
[511]	2,82E+05	6,89E+05	2,88E+05	4,12E+04	1,06E+06	9,73E+04
[517]	1,91E+05	4,07E+05	4,92E+03	6,68E+04	4,66E+05	8,66E+04
[523]	1,34E+03	1,63E+03	1,41E+05	2,73E+04	1,06E+04	3,12E+05
[529]	3,30E+04	1,93E+04	4,37E+05	8,53E+04	3,40E+03	2,35E+07

**Lampiran 4** Pembangkitan Data Besar Kerugian ( $y_k$ ) (Lanjutan)

[535]	4,92E+05	5,08E+04	1,54E+06	1,34E+05	2,72E+04	1,74E+04
[541]	5,95E+05	2,60E+04	7,01E+03	2,55E+05	7,85E+03	1,35E+05
[547]	1,29E+05	1,79E+05	1,99E+02	3,48E+04	1,24E+03	4,77E+05
[553]	5,41E+05	1,98E+05	2,03E+03	1,29E+04	2,99E+03	7,86E+03
[559]	2,08E+05	2,42E+04	2,92E+04	3,05E+04	5,67E+03	4,91E+05
[565]	4,26E+03	1,02E+05	3,22E+05	5,81E+04	1,07E+05	1,24E+04
[571]	1,74E+04	5,29E+05	5,82E+05	1,77E+04	4,05E+03	9,49E+03
[577]	1,25E+03	1,88E+05	3,37E+02	1,26E+05	5,03E+04	7,17E+03
[583]	3,21E+04	3,09E+04	7,79E+04	9,49E+02	2,07E+03	4,96E+05
[589]	1,36E+04	3,06E+04	4,60E+04	2,67E+05	3,04E+05	2,82E+05
[595]	4,41E+03	2,73E+04	7,67E+03	2,10E+04	2,36E+06	3,17E+04
[601]	1,18E+05	2,48E+04	1,51E+04	7,57E+04	1,65E+04	1,94E+04
[607]	1,12E+06	1,31E+04	7,08E+03	7,07E+05	1,66E+05	3,37E+04
[613]	1,05E+06	9,75E+02	4,62E+03	3,50E+04	1,20E+03	1,27E+05
[619]	1,39E+04	3,52E+04	1,48E+06	2,08E+04	1,05E+06	6,01E+04
[625]	2,23E+04	4,64E+05	2,65E+03	3,01E+03	1,24E+03	4,23E+06
[631]	4,32E+05	1,98E+04	1,15E+06	1,60E+05	8,50E+03	3,72E+05
[637]	2,18E+05	2,50E+05	1,60E+06	8,26E+03	4,80E+05	1,00E+06
[643]	8,14E+05	1,14E+05	2,28E+04	7,19E+04	1,65E+03	4,32E+04
[649]	3,98E+06	2,01E+04	1,44E+05	7,38E+04	8,41E+04	2,87E+05
[655]	1,15E+05	2,45E+05	6,15E+03	6,24E+03	8,91E+02	1,89E+05
[661]	2,97E+05	2,22E+04	1,14E+04	1,54E+04	1,48E+05	6,46E+03
[667]	8,85E+04	2,11E+05	2,82E+05	4,26E+04	3,58E+04	9,68E+05
[673]	2,45E+05	7,20E+05	1,46E+04	4,84E+04	2,99E+05	2,73E+04
[679]	7,26E+05	1,09E+03	1,15E+06	1,75E+06	6,40E+04	9,60E+04
[685]	1,27E+06	6,64E+06	3,43E+06	7,85E+03	2,44E+04	5,52E+04
[691]	7,39E+04	1,84E+05	6,44E+05	9,30E+03	4,27E+05	4,40E+04
[697]	1,57E+05	9,21E+03	2,28E+04	1,93E+06	1,08E+06	8,56E+03
[703]	1,20E+05	6,04E+04	3,72E+04	5,51E+04	4,74E+05	1,25E+05
[709]	1,21E+02	7,82E+06	5,97E+06	3,91E+03	2,32E+05	6,61E+04
[715]	4,40E+04	3,36E+05	1,69E+03	9,70E+03	7,73E+03	2,84E+04
[721]	5,69E+03	3,34E+03	6,59E+04	5,02E+05	3,16E+05	5,01E+05
[727]	1,52E+04	5,64E+05	1,55E+05	5,93E+02	6,52E+03	5,87E+04
[733]	5,34E+04	5,67E+05	1,72E+06	2,59E+04	5,56E+05	1,21E+03
[739]	5,31E+04	2,27E+06	4,06E+04	3,85E+04	3,54E+05	1,19E+05
[745]	1,29E+06	1,06E+06	6,83E+04	5,01E+04	8,06E+04	1,93E+05
[751]	7,37E+05	3,51E+05	2,04E+05	7,63E+04	4,87E+03	4,02E+05
[757]	2,41E+05	2,51E+05	7,30E+03	8,83E+03	9,66E+03	8,75E+03
[763]	7,77E+04	3,77E+07	5,33E+05	2,12E+05	2,74E+04	1,68E+04
[769]	8,80E+03	3,10E+05	1,83E+04	8,47E+03	1,08E+08	3,23E+04
[775]	4,44E+04	4,20E+06	4,29E+04	3,05E+05	7,37E+03	2,00E+03
[781]	3,09E+04	1,07E+05	5,08E+05	3,29E+03	1,08E+03	3,13E+04
[787]	1,02E+06	2,13E+05	3,31E+04	4,08E+03	7,71E+05	5,81E+04
[793]	5,11E+04	3,87E+03	1,81E+04	2,95E+05	1,06E+05	7,18E+04

**Lampiran 4** Pembanggaan Data Besar Kerugian ( $y_k$ ) (Lanjutan)

[799]	1,10E+05	2,60E+04	7,64E+03	6,70E+03	3,79E+04	9,51E+05
[805]	3,53E+03	9,39E+03	3,07E+05	6,93E+06	3,20E+05	5,12E+04
[811]	1,47E+04	1,85E+05	5,31E+03	6,57E+03	6,07E+03	5,26E+04
[817]	2,70E+05	1,91E+04	4,47E+06	4,54E+04	2,31E+03	3,00E+04
[823]	3,27E+05	3,23E+03	8,09E+04	1,20E+06	1,21E+06	2,73E+05
[829]	1,27E+07	2,29E+05	3,26E+05	3,46E+05	1,72E+05	2,11E+05
[835]	1,57E+05	5,09E+03	1,40E+05	2,92E+03	2,50E+05	5,35E+04
[841]	3,10E+06	4,78E+03	7,30E+05	3,06E+05	4,31E+05	6,48E+02
[847]	3,44E+04	1,30E+07	6,00E+04	1,13E+05	2,26E+06	1,01E+06
[853]	1,09E+02	1,08E+05	4,21E+04	6,36E+05	2,23E+05	8,57E+03
[859]	4,28E+04	9,94E+03	1,24E+04	1,09E+04	5,83E+04	1,00E+05
[865]	7,68E+04	5,00E+04	2,25E+04	2,89E+05	1,10E+05	3,58E+06
[871]	5,77E+04	7,40E+04	1,90E+05	1,09E+04	3,23E+04	3,98E+02
[877]	1,25E+05	2,67E+06	9,60E+03	5,81E+04	8,89E+04	7,84E+04
[883]	6,01E+03	4,72E+05	5,16E+06	2,88E+05	2,13E+04	1,39E+05
[889]	3,87E+03	1,17E+05	9,74E+04	1,01E+06	2,47E+04	3,62E+04
[895]	2,43E+03	8,93E+03	1,24E+04	1,57E+04	3,27E+04	9,65E+03
[901]	2,21E+05	7,48E+02	4,77E+03	5,88E+03	1,46E+05	2,02E+06
[907]	1,46E+05	2,03E+03	1,73E+03	7,50E+03	3,20E+06	5,50E+06
[913]	2,20E+05	1,35E+05	6,98E+04	3,86E+04	9,84E+04	1,64E+03
[919]	2,60E+04	1,96E+04	1,21E+05	4,00E+04	1,12E+04	1,31E+04
[925]	2,19E+05	1,61E+06	4,97E+04	1,50E+05	1,57E+06	2,32E+05
[931]	5,95E+03	6,09E+05	4,34E+03	1,10E+05	5,14E+04	1,48E+04
[937]	1,31E+02	3,29E+04	3,28E+03	3,17E+05	1,99E+05	1,23E+05
[943]	9,73E+05	2,39E+06	2,69E+04	1,40E+04	3,62E+04	5,98E+04
[949]	5,16E+04	2,77E+02	3,41E+05	5,60E+03	7,99E+04	1,02E+05
[955]	4,47E+04	3,13E+06	2,88E+05	1,33E+05	3,07E+03	8,44E+02
[961]	2,84E+06	3,49E+05	7,61E+05	4,76E+04	2,07E+04	3,30E+03
[967]	3,84E+05	9,28E+04	3,60E+04	2,69E+03	2,11E+05	3,19E+03
[973]	1,52E+06	1,26E+05	5,53E+03	2,60E+05	1,54E+04	1,48E+05
[979]	4,82E+05	6,25E+02	5,23E+04	5,96E+06	5,18E+04	2,04E+05
[985]	6,12E+07	1,92E+05	4,33E+05	2,28E+06	6,31E+04	6,02E+03
[991]	2,52E+05	9,57E+04	2,00E+04	1,88E+06	2,42E+04	2,75E+07
[997]	1,31E+04	3,38E+03	4,57E+04	1,74E+05	...	...
[...]	...	...	...	...	...	...
[4994]	...	...	...	...	...	3,E+04

**Lampiran 5** Pembangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ )

[1]	0,00	0,25	1,07	1,09	1,30	1,80	1,81
[8]	1,91	2,60	2,78	2,88	4,01	4,22	4,56
[15]	4,73	4,81	4,89	5,30	5,31	6,29	6,42
[22]	6,53	6,65	7,16	8,58	8,87	9,08	10,19
[29]	11,15	11,19	11,56	11,90	12,58	12,94	14,01
[36]	14,34	14,55	15,61	15,94	16,54	16,67	16,72
[43]	17,11	17,15	17,83	18,36	18,78	19,34	19,48
[50]	19,56	21,82	22,03	22,19	22,33	22,36	23,05
[57]	23,10	23,33	23,46	23,56	24,21	24,78	24,78
[64]	25,12	25,28	25,32	25,35	25,48	26,03	26,12
[71]	26,17	26,36	26,55	27,00	27,20	27,28	27,49
[78]	28,16	28,89	30,07	30,22	30,44	30,50	30,64
[85]	30,73	30,73	30,78	31,69	31,76	32,26	32,38
[92]	32,43	34,64	35,66	36,86	36,89	37,89	38,03
[99]	38,67	38,76	39,68	39,82	39,90	39,98	41,14
[106]	41,59	41,91	41,94	41,98	42,19	42,76	43,60
[113]	43,67	44,37	45,36	45,54	45,72	45,79	46,07
[120]	46,47	46,79	47,04	47,64	48,19	49,23	49,87
[127]	51,05	52,22	52,89	54,23	54,50	55,54	55,89
[134]	56,39	56,51	56,69	58,13	58,87	59,15	59,21
[141]	59,44	60,82	61,34	63,09	63,44	64,63	65,06
[148]	65,64	65,71	66,04	66,26	66,87	67,00	67,23
[155]	67,28	67,36	67,51	68,42	68,46	68,47	68,74
[162]	69,08	69,26	69,27	69,39	69,68	69,86	70,43
[169]	70,65	71,22	71,30	71,88	71,91	72,41	72,54
[176]	72,70	72,79	73,08	73,18	73,59	74,13	74,89
[183]	75,37	76,56	77,31	77,32	78,45	78,67	79,00
[190]	79,44	79,49	79,52	80,95	81,37	82,29	82,34
[197]	82,86	83,78	83,84	86,29	86,66	87,02	87,20
[204]	87,56	87,70	88,79	88,95	88,99	89,03	89,10
[211]	89,40	89,90	90,29	90,56	90,83	90,93	91,27
[218]	93,94	94,04	94,25	95,44	96,26	96,87	97,02
[225]	97,37	97,66	97,67	97,88	98,19	98,42	98,91
[232]	99,07	99,23	100,60	100,61	101,18	102,64	102,71
[239]	103,81	104,24	104,31	104,68	105,85	106,08	106,29
[246]	106,74	107,64	107,84	108,47	109,82	110,93	111,26
[253]	111,50	111,59	112,47	112,63	113,22	113,79	113,83
[260]	115,31	115,47	118,05	118,73	119,54	120,01	120,04
[267]	120,30	120,94	121,24	121,25	121,36	122,02	122,03
[274]	122,29	122,51	123,20	123,85	125,27	125,54	125,67
[281]	125,78	126,17	126,30	126,66	126,82	129,23	129,63
[288]	131,93	132,91	133,23	134,03	134,13	134,40	134,45
[295]	134,51	134,71	134,76	136,62	136,64	136,82	137,02
[302]	137,46	138,14	138,74	138,80	139,04	139,08	139,23
[309]	139,56	141,58	141,82	142,23	142,56	144,56	144,95

**Lampiran 5** Pembangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian ( $T$ ) (Lanjutan)

[316]	147,03	147,36	147,63	147,87	148,43	149,73	150,81
[323]	151,07	151,18	151,24	152,43	154,13	154,45	154,81
[330]	155,16	156,30	156,62	157,04	157,52	157,83	160,10
[337]	160,56	160,86	161,24	161,40	161,66	162,25	162,80
[344]	163,01	164,34	164,82	165,38	165,39	165,90	166,29
[351]	166,64	167,41	167,91	167,92	168,20	168,28	168,37
[358]	168,47	168,94	168,97	169,00	169,22	169,30	169,38
[365]	170,12	170,26	170,46	171,49	171,60	172,53	174,84
[372]	174,89	176,01	176,18	177,46	178,12	178,42	179,11
[379]	179,12	179,18	179,22	179,56	179,91	179,96	180,29
[386]	181,63	182,02	184,01	184,19	185,37	185,75	185,86
[393]	186,70	187,18	187,20	187,31	187,74	187,88	189,14
[400]	189,87	189,93	190,04	191,15	191,53	191,55	191,73
[407]	192,65	192,99	193,31	193,58	194,03	195,03	195,34
[414]	197,01	197,03	197,69	197,93	198,18	199,96	200,05
[421]	200,29	200,30	201,10	201,21	202,18	202,40	202,55
[428]	203,30	203,31	203,33	204,31	204,37	204,53	204,68
[435]	204,80	204,84	205,25	205,96	207,26	207,44	207,47
[442]	207,72	207,83	208,28	208,37	208,90	209,60	209,79
[449]	210,60	211,22	211,80	217,44	217,58	218,18	218,36
[456]	218,70	218,89	219,35	219,69	219,73	221,77	221,86
[463]	222,40	223,14	223,49	224,24	224,93	225,77	225,80
[470]	226,44	227,11	227,68	227,78	227,91	228,11	228,61
[477]	229,30	229,42	230,20	231,89	232,40	232,76	233,06
[484]	234,52	234,67	234,98	235,14	235,63	236,48	237,06
[491]	237,75	237,90	239,36	240,34	240,46	240,86	241,09
[498]	241,18	241,23	241,37	241,46	241,51	241,87	242,02
[505]	242,34	242,38	242,96	243,29	244,42	244,45	245,33
[512]	245,39	245,50	245,56	246,03	246,08	246,56	246,72
[519]	246,89	248,05	248,33	248,49	248,78	250,13	250,39
[526]	250,85	251,20	251,83	251,89	252,64	253,03	253,12
[533]	253,50	254,30	254,31	254,65	255,27	255,31	255,76
[540]	255,97	256,39	256,55	257,00	257,96	258,10	258,75
[547]	258,93	259,06	259,26	261,28	261,72	263,13	263,16
[554]	263,35	263,71	264,88	265,81	266,65	267,08	267,36
[561]	267,79	268,21	268,93	270,07	270,27	270,54	270,67
[568]	270,73	271,12	271,36	272,02	272,63	272,74	272,88
[575]	273,34	274,26	276,03	278,73	278,89	280,37	281,61
[582]	282,19	283,58	284,00	284,62	284,80	285,54	287,59
[589]	287,81	288,25	288,63	288,85	288,99	289,27	289,32
[596]	290,09	290,45	291,56	291,96	292,10	292,31	292,58
[603]	293,48	294,27	294,65	295,23	296,43	296,64	297,33
[610]	297,82	297,94	297,98	298,47	298,52	300,13	300,94
[617]	301,89	303,40	303,51	303,88	304,41	304,46	304,93



**Lampiran 5** Pembangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian (*T*) (Lanjutan)

[624]	305,31	305,72	306,01	306,12	307,00	308,46	309,98
[631]	310,05	310,11	310,60	310,78	311,04	311,75	311,91
[638]	312,05	312,38	312,48	313,75	313,88	313,94	314,04
[645]	314,35	314,75	315,12	315,79	316,12	316,24	317,04
[652]	317,49	317,68	318,64	318,83	318,97	319,00	320,21
[659]	321,06	322,11	322,79	322,86	323,35	324,60	325,29
[666]	325,53	326,35	326,54	326,67	326,93	327,45	328,08
[673]	328,10	328,29	328,33	329,18	329,81	329,88	330,22
[680]	330,23	331,10	331,27	331,29	331,68	331,98	332,29
[687]	332,33	332,36	333,01	333,51	333,74	333,78	333,95
[694]	333,97	335,21	335,36	335,76	335,97	336,70	337,04
[701]	337,08	337,13	337,89	338,34	338,64	339,17	339,26
[708]	339,40	339,54	341,14	341,14	341,18	343,39	343,59
[715]	343,79	343,99	344,05	345,44	346,55	347,13	347,48
[722]	349,29	350,04	350,60	350,78	350,99	351,02	351,58
[729]	351,61	351,75	353,15	354,40	354,73	355,26	355,33
[736]	355,37	355,68	355,82	357,25	357,63	357,83	358,41
[743]	358,86	359,04	359,11	359,11	359,16	359,59	359,78
[750]	360,20	360,36	360,36	360,53	360,73	360,85	362,00
[757]	362,13	362,29	362,41	363,39	364,42	365,11	365,67
[764]	365,79	365,83	365,99	366,22	366,76	367,33	368,22
[771]	368,64	368,86	369,52	369,54	370,06	370,37	370,44
[778]	371,00	371,07	371,73	372,81	373,12	373,30	373,31
[785]	374,23	375,42	376,07	376,15	376,32	376,75	377,47
[792]	377,49	377,79	378,07	379,46	379,99	380,12	380,39
[799]	380,71	380,82	381,23	382,12	382,69	383,03	383,11
[806]	384,85	385,61	385,82	385,85	385,86	386,09	386,74
[813]	386,98	387,96	388,32	389,14	389,32	389,35	389,85
[820]	389,88	390,66	391,89	392,28	392,35	393,82	394,34
[827]	394,42	394,49	394,85	394,93	395,19	395,36	395,38
[834]	395,45	395,92	396,01	397,32	397,49	399,71	399,78
[841]	400,23	400,27	401,61	401,64	401,84	401,92	402,82
[848]	403,41	403,49	403,74	404,11	404,28	404,34	405,85
[855]	406,26	406,72	406,76	406,99	407,53	407,75	408,53
[862]	409,38	409,79	410,05	410,22	410,58	410,86	411,94
[869]	412,00	412,23	412,28	412,58	412,99	413,23	414,12
[876]	415,78	416,99	417,28	417,29	418,20	418,51	418,77
[883]	419,28	420,48	420,58	420,69	420,77	421,11	421,29
[890]	422,01	422,51	422,69	422,71	423,58	423,73	424,83
[897]	425,88	426,50	427,09	427,42	427,92	428,12	430,76
[904]	431,61	432,90	433,13	433,15	433,34	433,99	434,40
[911]	435,20	435,25	435,25	435,39	435,63	435,98	436,52
[918]	436,75	438,85	439,45	440,41	440,68	441,55	442,26
[925]	442,77	443,11	443,16	443,72	443,87	443,94	444,31

**Lampiran 5** Pembangkitan Data Waktu Tunggu Kejadian (*T*) (Lanjutan)

[932]	445,23	445,27	446,42	446,64	447,31	447,74	448,91
[939]	449,43	450,84	450,93	451,32	451,60	451,65	451,66
[946]	452,24	452,99	453,28	453,38	453,90	455,69	455,80
[953]	456,75	457,21	457,74	458,44	458,55	458,69	458,72
[960]	459,66	461,32	461,34	461,54	461,76	462,39	463,02
[967]	464,03	464,23	464,56	464,91	466,98	467,26	468,49
[974]	468,56	468,66	470,14	470,70	471,14	471,49	471,50
[981]	472,91	473,05	473,16	473,47	473,65	473,66	473,70
[988]	473,86	473,87	474,09	475,24	475,43	475,68	476,54
[...]	...	...	...	...	...	...	...
[4994]	...	...	...	...	...	...	2445,76

**Lampiran 6 Hasil Perhitungan Premi dari Pembangkitan Data (*P*)**

[1]	9,10E+03	2,83E+03	4,23E+03	3,72E+03	2,81E+03	7,98E+03
[7]	4,37E+03	2,78E+03	3,09E+03	6,67E+03	2,37E+03	3,29E+03
[13]	2,49E+03	2,42E+03	4,24E+03	3,53E+03	2,23E+03	1,66E+05
[19]	2,12E+03	2,63E+03	7,06E+03	4,46E+03	2,01E+03	1,80E+03
[25]	2,16E+03	2,13E+03	1,65E+03	1,56E+03	5,36E+03	1,57E+03
[31]	1,76E+03	1,43E+03	1,51E+03	1,30E+03	1,41E+03	1,67E+03
[37]	1,19E+03	1,19E+03	1,14E+03	1,26E+03	3,01E+03	1,09E+03
[43]	2,69E+03	1,06E+03	1,01E+03	1,00E+03	1,22E+03	1,09E+03
[49]	4,07E+03	1,35E+02	9,95E+02	1,03E+03	1,60E+03	6,09E+03
[55]	7,54E+02	1,58E+03	8,61E+02	3,04E+03	4,12E+03	7,24E+02
[61]	7,00E+02	8,52E+02	6,90E+02	8,42E+02	1,44E+03	1,08E+03
[67]	1,53E+03	6,54E+02	9,06E+02	4,60E+03	8,45E+02	6,67E+02
[73]	6,15E+02	6,43E+02	7,79E+02	8,47E+02	5,54E+02	5,39E+02
[79]	4,99E+02	6,35E+02	6,08E+02	1,22E+03	8,22E+02	1,02E+03
[85]	5,67E+03	7,32E+02	4,52E+02	8,15E+02	4,43E+02	5,25E+02
[91]	7,91E+02	6,26E+01	3,62E+02	3,32E+02	8,17E+02	3,10E+02
[97]	1,42E+03	3,05E+02	1,81E+03	2,80E+02	3,34E+02	4,34E+02
[103]	1,21E+03	2,57E+02	2,55E+02	2,61E+02	4,48E+02	3,25E+02
[109]	2,93E+02	2,49E+02	2,30E+02	2,89E+03	2,16E+02	1,98E+02
[115]	2,36E+02	2,31E+02	9,16E+02	2,22E+02	1,96E+02	1,90E+02
[121]	2,15E+02	1,79E+02	2,89E+02	1,57E+02	1,51E+02	1,40E+02
[127]	1,36E+02	1,33E+02	1,16E+02	1,65E+02	1,08E+02	1,44E+02
[133]	1,08E+02	1,15E+02	3,66E+02	9,18E+01	8,79E+01	1,08E+02
[139]	2,41E+02	1,34E+02	7,81E+01	7,85E+01	1,13E+01	7,34E+01
[145]	6,29E+01	6,18E+01	5,98E+01	1,27E+02	6,43E+01	6,05E+01
[151]	5,45E+01	5,96E+01	8,80E+01	1,03E+02	7,52E+01	9,97E+01
[157]	4,99E+01	6,14E+01	7,18E+01	4,93E+01	5,07E+01	5,15E+01
[163]	1,54E+02	5,10E+01	5,48E+01	9,97E+01	4,85E+01	5,79E+01
[169]	4,28E+01	5,22E+01	4,02E+01	4,02E+02	4,05E+01	4,97E+01
[175]	5,16E+01	6,83E+01	3,89E+01	4,65E+01	3,90E+01	3,57E+01
[181]	3,40E+01	3,43E+01	3,04E+01	2,92E+01	1,88E+02	2,73E+01
[187]	3,69E+01	2,84E+01	2,65E+01	1,18E+02	4,01E+01	2,35E+01
[193]	2,37E+01	2,20E+01	2,96E+01	2,32E+01	1,98E+01	2,60E+01
[199]	2,82E+00	1,73E+01	1,78E+01	2,58E+01	1,85E+01	2,16E+01
[205]	1,46E+01	1,69E+01	1,91E+01	2,07E+01	1,99E+01	2,38E+01
[211]	1,41E+01	1,53E+01	1,40E+01	1,63E+01	2,52E+01	1,28E+01
[217]	1,78E+00	1,22E+01	1,24E+01	1,02E+01	9,34E+00	9,14E+00
[223]	1,11E+01	9,39E+00	1,64E+01	3,23E+01	8,77E+00	8,44E+00
[229]	9,53E+00	8,16E+00	9,92E+00	1,58E+01	7,23E+00	1,74E+01
[235]	7,04E+00	6,35E+00	7,65E+00	5,93E+00	6,12E+00	9,25E+00
[241]	5,87E+00	5,33E+00	5,34E+00	1,27E+01	5,45E+00	4,79E+00
[247]	5,71E+00	4,58E+00	4,14E+00	3,87E+00	4,00E+00	4,04E+00
[253]	2,26E+01	3,61E+00	3,94E+00	3,39E+00	3,29E+00	1,23E+01
[259]	2,99E+00	3,53E+00	4,20E-01	2,46E+00	2,34E+00	2,25E+00
[265]	2,41E+01	2,31E+00	2,19E+00	2,22E+00	3,40E+00	3,31E+00

**Lampiran 6 Hasil Perhitungan Premi dari Pembangkitan Data (Lanjutan)**

[271]	2,17E+00	1,72E+02	2,66E+00	1,99E+00	2,08E+00	1,84E+00
[277]	1,64E+00	1,71E+00	2,00E+00	1,90E+00	1,80E+00	2,07E+00
[283]	1,56E+00	1,55E+00	2,15E-01	1,33E+00	1,82E-01	1,04E+00
[289]	1,05E+00	9,74E-01	1,29E+00	1,13E+00	2,07E+00	4,34E+00
[295]	1,23E+00	2,19E+00	1,38E-01	2,28E+00	1,89E+00	9,81E-01
[301]	8,17E-01	7,84E-01	7,41E-01	1,85E+00	9,78E-01	2,27E+00
[307]	8,18E-01	7,41E-01	1,02E-01	6,59E-01	6,78E-01	6,90E-01
[313]	8,55E-02	5,06E-01	7,37E-02	4,37E-01	5,34E-01	6,40E-01
[319]	4,24E-01	3,78E-01	3,59E-01	4,46E-01	6,58E-01	5,60E-01
[325]	3,20E-01	2,89E-01	3,01E-01	2,88E-01	2,83E-01	2,60E-01
[331]	3,20E-01	2,49E-01	2,58E-01	5,13E-01	3,37E-02	2,00E-01
[337]	2,20E-01	1,89E-01	2,18E-01	1,99E-01	1,78E-01	1,77E-01
[343]	2,89E-01	1,57E-01	1,53E-01	1,50E-01	3,17E-01	1,60E-01
[349]	1,43E-01	1,52E-01	1,45E-01	1,29E-01	1,87E-01	1,45E-01
[355]	2,21E-01	2,03E-01	2,34E-01	1,23E-01	1,65E-01	1,91E-01
[361]	1,54E-01	1,35E-01	1,42E-01	1,13E-01	1,80E-01	1,45E-01
[367]	1,03E-01	1,77E-01	9,63E-02	1,39E-02	3,17E-01	7,92E-02
[373]	1,85E-01	7,19E-02	7,06E-02	7,35E-02	6,60E-02	1,29E-01
[379]	1,57E-01	1,17E-01	6,68E-02	6,43E-02	1,57E-01	6,57E-02
[385]	5,56E-02	5,47E-02	8,02E-03	5,10E-02	4,55E-02	5,62E-02
[391]	6,26E-02	4,10E-02	4,09E-02	1,21E-01	4,76E-02	3,94E-02
[397]	4,52E-02	3,55E-02	3,57E-02	1,02E-01	5,46E-02	3,14E-02
[403]	3,25E-02	1,59E+00	4,50E-02	3,01E-02	5,77E-02	3,56E-02
[409]	3,27E-02	2,66E-02	2,52E-02	2,56E-02	2,21E-02	1,32E-01
[415]	2,14E-02	2,74E-02	2,25E-02	3,08E-03	2,43E-02	2,11E-02
[421]	2,05E-01	1,77E-02	4,00E-02	1,63E-02	1,75E-02	2,19E-02
[427]	1,54E-02	2,75E-02	7,97E-02	1,44E-02	2,28E-02	1,50E-02
[433]	1,62E-02	1,53E-02	6,39E-02	1,37E-02	1,32E-02	1,19E-02
[439]	1,51E-02	3,65E-02	1,66E-02	1,36E-02	1,24E-02	1,53E-02
[445]	1,13E-02	1,08E-02	1,18E-02	1,07E-02	1,03E-02	9,14E-03
[451]	1,08E-03	7,27E-03	6,38E-03	6,29E-03	6,34E-03	7,07E-03
[457]	5,88E-03	6,48E-03	6,98E-03	8,32E-04	1,54E-02	5,30E-03
[463]	4,66E-03	4,99E-03	4,41E-03	4,15E-03	3,98E-03	1,02E-02
[469]	3,78E-03	3,72E-03	3,58E-03	4,49E-03	3,94E-03	3,65E-03
[475]	3,44E-03	3,28E-03	5,65E-03	3,03E-03	2,72E-03	2,67E-03
[481]	3,04E-03	2,63E-03	2,38E-03	2,96E-03	2,72E-03	4,13E-03
[487]	2,27E-03	2,10E-03	2,22E-03	2,20E-03	2,57E-03	1,74E-03
[493]	1,64E-03	4,92E-03	1,69E-03	1,68E-03	2,56E-03	2,09E-03
[499]	2,34E-03	2,10E-03	1,70E-03	1,60E-03	1,51E-03	1,75E-03
[505]	1,70E-03	1,69E-03	1,41E-03	1,30E-03	4,83E-03	1,23E-03
[511]	1,65E-03	2,27E-03	1,64E-03	1,22E-03	2,75E-03	1,26E-03
[517]	1,39E-03	1,68E-03	1,04E-03	1,10E-03	1,61E-03	1,10E-03
[523]	9,11E-04	8,99E-04	1,02E-03	8,83E-04	8,33E-04	1,15E-03
[529]	8,13E-04	7,83E-04	1,19E-03	8,23E-04	7,12E-04	2,26E-02

**Lampiran 6 Hasil Perhitungan Premi dari Pembangkitan Data (Lanjutan)**

[535]	1,12E-03	7,09E-04	2,01E-03	7,57E-04	6,63E-04	6,39E-04
[541]	1,09E-03	6,22E-04	5,73E-04	7,50E-04	5,48E-04	6,30E-04
[547]	6,21E-04	6,47E-04	7,77E-05	4,74E-04	4,18E-04	6,75E-04
[553]	6,97E-04	5,03E-04	3,76E-04	3,60E-04	3,39E-04	3,32E-04
[559]	4,09E-04	3,25E-04	3,19E-04	3,05E-04	2,77E-04	4,43E-04
[565]	2,69E-04	3,00E-04	3,75E-04	2,77E-04	2,89E-04	2,48E-04
[571]	2,41E-04	3,95E-04	4,06E-04	2,31E-04	2,15E-04	3,21E-05
[577]	2,73E-05	2,01E-04	1,48E-04	1,52E-04	1,41E-04	1,23E-04
[583]	1,24E-04	1,19E-04	1,25E-04	1,09E-04	1,60E-05	1,55E-04
[589]	9,40E-05	9,38E-05	9,44E-05	1,19E-04	1,20E-04	1,19E-04
[595]	8,32E-05	8,38E-05	7,63E-05	7,60E-05	2,96E-04	7,54E-05
[601]	8,20E-05	6,94E-05	6,55E-05	6,89E-05	6,20E-05	5,75E-05
[607]	1,36E-04	5,45E-05	5,25E-05	9,89E-05	6,27E-05	5,22E-05
[613]	1,18E-04	4,54E-05	4,34E-05	4,23E-05	3,73E-05	4,31E-05
[619]	3,68E-05	3,66E-05	1,02E-04	3,49E-05	7,69E-05	3,48E-05
[625]	3,27E-05	5,06E-05	3,01E-05	2,75E-05	2,51E-05	1,62E-04
[631]	3,89E-05	2,48E-05	5,93E-05	2,83E-05	2,28E-05	3,30E-05
[637]	2,84E-05	2,86E-05	6,62E-05	2,02E-05	3,22E-05	4,55E-05
[643]	4,04E-05	2,21E-05	1,94E-05	2,01E-05	1,78E-05	1,83E-05
[649]	1,06E-04	1,68E-05	1,88E-05	1,73E-05	1,62E-05	2,02E-05
[655]	1,68E-05	1,93E-05	1,37E-05	1,30E-05	1,21E-05	1,42E-05
[661]	1,61E-05	1,16E-05	1,05E-05	1,02E-05	1,17E-05	9,47E-06
[667]	1,03E-05	1,17E-05	1,23E-05	9,26E-06	8,83E-06	1,92E-05
[673]	1,10E-05	1,62E-05	8,06E-06	8,08E-06	1,06E-05	7,71E-06
[679]	1,45E-05	7,08E-06	1,73E-05	2,29E-05	7,37E-06	7,52E-06
[685]	1,71E-05	6,33E-05	3,59E-05	6,36E-06	6,30E-06	6,46E-06
[691]	6,60E-06	7,36E-06	1,09E-05	5,57E-06	8,48E-06	5,64E-06
[697]	6,33E-06	5,11E-06	5,09E-06	1,73E-05	1,18E-05	4,75E-06
[703]	5,26E-06	4,84E-06	4,55E-06	4,64E-06	6,92E-06	4,94E-06
[709]	3,87E-06	4,34E-05	3,39E-05	5,64E-07	4,33E-06	3,58E-06
[715]	3,45E-06	4,67E-06	2,99E-06	2,82E-06	2,73E-06	2,74E-06
[721]	3,96E-07	2,28E-06	2,37E-06	3,57E-06	3,01E-06	3,53E-06
[727]	2,11E-06	3,58E-06	2,45E-06	1,88E-06	1,76E-06	1,84E-06
[733]	1,77E-06	2,86E-06	5,35E-06	1,67E-06	2,75E-06	1,47E-06
[739]	1,53E-06	5,56E-06	1,44E-06	1,40E-06	1,92E-06	1,52E-06
[745]	3,54E-06	3,11E-06	1,39E-06	1,35E-06	1,36E-06	1,53E-06
[751]	2,40E-06	1,75E-06	1,51E-06	1,30E-06	1,11E-06	1,67E-06
[757]	1,43E-06	1,43E-06	1,03E-06	9,66E-07	9,29E-07	8,98E-07
[763]	9,70E-07	4,40E-05	1,47E-06	1,09E-06	8,60E-07	8,20E-07
[769]	7,70E-07	1,03E-06	7,51E-07	7,12E-07	1,00E-04	7,09E-07
[775]	7,07E-07	4,30E-06	6,79E-07	8,97E-07	6,23E-07	5,80E-07
[781]	5,90E-07	6,39E-07	9,35E-07	5,33E-07	4,95E-07	4,94E-07
[787]	1,10E-06	5,97E-07	4,76E-07	4,40E-07	8,76E-07	4,61E-07
[793]	4,50E-07	3,89E-07	3,84E-07	5,15E-07	4,16E-07	3,93E-07

**Lampiran 6 Hasil Perhitungan Premi dari Pembangkitan Data (Lanjutan)**

[799]	4,09E-07	3,61E-07	3,34E-07	3,23E-07	3,28E-07	6,97E-07
[805]	4,69E-08	2,71E-07	3,69E-07	2,65E-06	3,75E-07	2,78E-07
[811]	2,55E-07	3,06E-07	2,35E-07	2,30E-07	2,19E-07	2,29E-07
[817]	2,90E-07	2,13E-07	1,42E-06	2,09E-07	1,85E-07	1,87E-07
[823]	2,55E-07	1,64E-07	1,75E-07	4,05E-07	4,04E-07	2,07E-07
[829]	2,68E-06	1,95E-07	2,12E-07	2,17E-07	1,82E-07	1,82E-07
[835]	1,73E-07	1,34E-07	1,55E-07	1,92E-08	1,52E-07	1,19E-07
[841]	5,60E-07	1,03E-07	2,00E-07	1,41E-07	1,57E-07	9,57E-08
[847]	9,61E-08	1,64E-06	9,73E-08	1,01E-07	3,41E-07	2,02E-07
[853]	7,98E-08	8,83E-08	7,96E-08	1,38E-07	9,57E-08	7,28E-08
[859]	7,50E-08	6,87E-08	6,54E-08	6,38E-08	6,66E-08	6,92E-08
[865]	6,58E-08	6,27E-08	5,65E-08	7,58E-08	6,20E-08	3,06E-07
[871]	5,71E-08	5,67E-08	6,36E-08	4,91E-08	4,41E-08	4,09E-08
[877]	4,65E-08	1,80E-07	3,84E-08	4,00E-08	4,09E-08	3,90E-08
[883]	3,33E-08	5,30E-08	2,51E-07	4,47E-08	3,28E-08	3,72E-08
[889]	3,04E-08	3,35E-08	3,26E-08	6,71E-08	2,83E-08	2,85E-08
[895]	2,56E-08	2,42E-08	2,34E-08	2,27E-08	2,27E-08	2,15E-08
[901]	2,69E-08	2,98E-09	1,71E-08	1,58E-08	1,84E-08	5,64E-08
[907]	1,82E-08	1,48E-08	1,44E-08	1,38E-08	7,04E-08	1,12E-07
[913]	1,74E-08	1,56E-08	1,42E-08	1,33E-08	1,40E-08	1,84E-09
[919]	1,09E-08	1,02E-08	1,14E-08	9,77E-09	9,09E-09	8,84E-09
[925]	1,09E-08	2,63E-08	8,71E-09	9,71E-09	2,46E-08	1,02E-08
[931]	7,56E-09	1,34E-08	7,02E-09	7,86E-09	7,03E-09	6,58E-09
[937]	6,02E-09	6,07E-09	5,37E-09	7,52E-09	6,50E-09	5,92E-09
[943]	1,16E-08	2,10E-08	5,09E-09	4,79E-09	4,84E-09	4,96E-09
[949]	4,74E-09	6,68E-10	5,73E-09	3,78E-09	4,02E-09	3,98E-09
[955]	3,57E-09	1,70E-08	4,59E-09	3,92E-09	3,17E-09	2,86E-09
[961]	1,34E-08	4,08E-09	5,48E-09	2,83E-09	2,64E-09	2,44E-09
[967]	3,58E-09	2,63E-09	2,41E-09	3,39E-10	2,54E-09	1,86E-09
[973]	5,50E-09	2,14E-09	1,69E-09	2,14E-09	1,62E-09	1,84E-09
[979]	2,53E-09	1,43E-09	1,51E-09	1,22E-08	1,47E-09	1,72E-09
[985]	1,10E-07	1,70E-09	2,10E-09	5,35E-09	1,44E-09	1,25E-09
[991]	1,62E-09	1,35E-09	1,17E-09	3,95E-09	1,08E-09	3,90E-08
[...]	...	...	...	...	...	...
[4995]	...	...	...	...	...	5,78E-61

## BIODATA PENULIS



Putri Lathifah Idellie lahir di Bekasi tanggal 5 Agustus 1999, merupakan anak pertama dari pasangan Ahmad Ridwan dan Hanik Mamlu'ah dengan dua adik, Paruda Pradayan dan Naima Putri Ahmad. Penulis menempuh jenjang pendidikan di SD Bani Saleh 5 Bekasi (2006-2012), SMP Negeri 1 Bekasi (2012-2014), SMA Negeri 1 Bekasi (2014-2017) dan melanjutkan pendidikan di Aktuaria ITS. Semasa kuliah, penulis aktif berbagai kegiatan non-akademik maupun akademik. Penulis aktif sebagai anggota AIESEC Surabaya pada tahun 2018 dan berkesempatan melakukan kegiatan relawan pendidikan di Kropyvnytski, Ukraina; mengajukan diri sebagai relawan sosial dan relawan lingkungan di TEDxJalanTujungan yang kini telah berubah menjadi TEDxSurabaya pada tahun 2019-2020. Penulis juga berkegiatan di lingkungan ITS sebagai panitia divisi Surveyor di kegiatan orientasi mahasiswa baru ITS, GERIGI 2019 dan anggota himpunan mahasiswa aktuaria ITS (HIMASAKTA ITS). Penulis berkesempatan untuk mengikuti beberapa program internasional yang diadakan *ITS Global Engagement* yaitu *Summer Programme* di *Asia University*, Taiwan pada tahun 2020 dan *Winter Programme* di *Shibaura Institute Technology*, Jepang pada tahun 2020. Penulis ikut serta dalam program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) pada tahun 2021 serta melaksanakan kerja praktik di Bea Cukai Cikarang sebagai staf Pengolahan Data Administrasi Dokumen pada tahun 2021, melaksanakan *Co-operative Education* (CO-OP) di Shindengen Indonesia, Cikarang sebagai staf *General Affair* pada tahun 2021 serta peserta Program Magang Mahasiswa Bersertifikat (PMMB) di BRI Life pada tahun 2022. Dalam bidang akademik, penulis berhasil meraih beberapa prestasi diantaranya yaitu sebagai ketua Program Kreativitas Mahasiswa Kewirausahaan (PKM-K) terdantai pada PIMNAS 33 pada tahun 2020 dan lulus ujian sertifikasi Ujian Aktuaris PAI yaitu, A20-Statitika Probabilitas dan A40-Akuntansi di tahun 2022. Penulis tertarik dengan penelitian di bidang manajemen risiko serta analisis data finansial. Penulis dengan senang hati dihubungi melalui e-mail: [putri.idellie@gmail.com](mailto:putri.idellie@gmail.com). LinkedIn: Putri Lathifah Idellie