



TUGAS AKHIR - KS184822

**PEMODELAN UNTUK JUMLAH KASUS KEMATIAN  
BAYI DAN IBU DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN  
*BIVARIATE GENERALIZED POISSON REGRESSION***

**AFFANDA ABDUL HAKIM AMINULLAH  
NRP 062117 4500 0018**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Purnadi M.Sc.**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**



**TUGAS AKHIR - KS184822**

**PEMODELAN UNTUK JUMLAH KASUS KEMATIAN  
BAYI DAN IBU DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN  
*BIVARIATE GENERALIZED POISSON REGRESSION***

**AFFANDA ABDUL HAKIM AMINULLAH  
NRP 062117 4500 0018**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Puhadi M.Sc.**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**



**FINAL PROJECT - KS184822**

**MODELING FOR THE NUMBER OF CASES OF  
INFANT MORTALITY AND MATERNAL MORTALITY  
IN EAST JAVA USING BIVARIATE GENERALIZED  
POISSON REGRESSION**

**AFFANDA ABDUL HAKIM AMINULLAH  
SN 062117 4500 0018**

**Supervisor  
Dr. Purhadi M.Sc.**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMODELAN UNTUK JUMLAH KASUS  
KEMATIAN BAYI DAN IBU DI JAWA TIMUR  
MENGUNAKAN *BIVARIATE GENERALIZED  
POISSON REGRESSION***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Statistika  
pada

Program Studi Sarjana Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

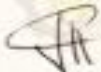
Oleh :

**AFFANDA ABDUL HAKIM AMINULLAH**  
NRP. 062117 4500 0018

Disetujui oleh Pembimbing:

**Dr. Puhadi M.Sc.**

NIP. 19620204 198701 1 001

(  )



Mengetahui,  
Kepala Departemen Statistika

**Dr. Suhartono**

NIP. 19710929199512 1 001

SURABAYA, JULI 2019

# PEMODELAN UNTUK JUMLAH KASUS KEMATIAN BAYI DAN IBU DI JAWA TIMUR MENGUNAKAN *BIVARIATE GENERALIZED POISSON REGRESSION*

Nama Mahasiswa : Affanda Abdul Hakim Aminullah  
NRP : 062117 4500 0018  
Departemen : Statistika  
Dosen Pembimbing : Dr. Puhadi M.Sc

## Abstrak

Angka kematian bayi (AKB) dan angka kematian ibu (AKI) merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan tingkat kesehatan dan keberhasilan pembangunan di suatu wilayah. Angka kematian bayi dan ibu baru lahir di Jatim masih tinggi, saat ini Jawa Timur belum mampu mencapai target SDGs pada angka kematian bayi dan ibu yaitu sebesar 70/100.000 kelahiran sedangkan Jawa Timur masih 90/100.000 kelahiran. Penelitian ini menggunakan metode *Bivariate Generalized Poisson Regression* untuk melihat faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus kematian bayi dan ibu di Jawa Timur tahun 2017. *Bivariate Generalized Poisson Regression* merupakan salah satu metode untuk menanggulangi kasus *overdispersi data*. Berdasarkan hasil analisis *Bivariate Generalized Poisson Regression* dengan kriteria *AICc* diketahui bahwa model terbaik memuat keseluruhan variabel prediktor. Faktor yang mempengaruhi jumlah kematian bayi di Jawa Timur tahun 2017 adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase kunjungan ibu hamil dengan K4, persentase ibu hamil mendapat tablet Fe3, sedangkan variabel prediktor yang berpengaruh untuk jumlah kematian ibu di Jawa Timur tahun 2017 adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase rumah tangga ber-PHBS.

**Kata Kunci:** *AICc, Bivariate Generalized Poisson Regression, AKB, AKI, Overdispersi*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **MODELING FOR THE NUMBER OF CASES OF INFANT MORTALITY AND MATERNAL MORTALITY IN EAST JAVA USING BIVARIATE GENERALIZED POISSON REGRESSION**

**Name** : Affanda Abdul Hakim Aminullah  
**Student Number** : 062117 4500 0018  
**Department** : Statistics  
**Supervisor** : Dr. Purhadi M.Sc

## **Abstract**

*The infant mortality rate (IMR) and maternal mortality rate (MMR) is one of the important indicators in determining the level of health and the success of development in a region. IMR and MMR in East Java are still high, currently East Java has not been able to reach SDGs based on the infant and maternal mortality rate of 70 / 100,000 East Java births, still 90 / 100,000 births. This study uses the Poisson Generalized Bivariate Regression method to look at the factors that influence the number of infant and maternal deaths in East Java in 2017. Poisson Generalized Bivariate regression is one method for overcoming data overdispersion cases. Based on the results of the analysis of Generic Poisson Bivariate Regression with the AICc criteria which is called the best predictor model. Factors that influence the number of infant deaths in East Java in 2017 are the percentage of births by health workers, the percentage of obstetric difficulties that support, the percentage of visits of pregnant women with K4, the percentage of pregnant women receiving Fe3 tablets, while the predictor variables associated with the number of mothers in East Java 2017 is the percentage of deliveries by health workers, the percentage of clean and healthy living.*

**Keywords:** *AICc, Poisson Generalized Bivariate Regression, IMR, MMR, Overdispersion*

*The Page is Intentionally Left Blank*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas kehadiran rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Pemodelan untuk Jumlah Kasus Kematian Bayi dan Ibu di Jawa Timur Menggunakan *Bivariate Generalized Poisson Regression***”. Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari doa, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Kesempatan ini penulis manfaatkan untuk menyampaikan rasa terima kasih yang sebanyaknya kepada

1. Bapak Dr. Puhadi, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dan memberikan arahan serta memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Sutikno, M.Si. dan Bapak Jerry D.T. Purnomo, Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan arahan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Suhartono selaku Ketua Departemen Statistika ITS yang telah memberikan fasilitas dalam kelancaran Tugas Akhir ini
4. Bapak Muhammad Mashuri, M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat, motivasi, serta bimbingan kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan.
5. Seluruh dosen Departemen Statistika ITS yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan, beserta seluruh karyawan Jurusan Statistika ITS yang telah membantu kelancaran dan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan perkuliahan.
6. Dinas Kesehatan Jawa Timur yang telah membantu dalam memberikan data penelitian
7. Ibu dan bapak yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan, semangat dan segalanya yang telah diberikan untuk penulis sehingga menjadi mudah dan dilancarkan dalam

menyelesaikan Tugas Akhir ini, serta saudara yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.

8. Astok, Rahmat, Ilma, Ocik serta teman-teman PIONEER 2014 dan angkatan Lintas Jalur Statistika ITS 2017 yang telah membantu penulis dalam masa perkuliahan
9. Senior-senior dari Jurusan Statistika ITS yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah membantu ketika penulis membutuhkan pencerahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar berguna untuk perbaikan berikutnya. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Juni 2019

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Statistika Deskriptif.....	5
2.2 Distribusi Poisson.....	6
2.2.1 Distribusi Poisson <i>Univariate</i> .....	6
2.2.2 Distribusi Poisson <i>Bivariate</i> .....	6
2.3 Distribusi <i>Bivariate Generalized Poisson</i> .....	7
2.3.1 Uji Distribusi <i>Bivariate Generalized Poisson</i> .....	7
2.4 Regresi Poisson Bivariat.....	8
2.5 <i>Bivariate Generalized Poisson Regression</i> .....	8
2.5.1 Penaksiran Parameter <i>Bivariate Generalized Poisson Regression</i> .....	9
2.5.2 Pengujian Parameter Model <i>Bivariate Generalized Poisson Regression</i> .....	13
2.6 Koefisien Korelasi.....	14
2.7 Multikolinearitas.....	15
2.8 Pemilihan Model Terbaik.....	15

2.9 Angka Kematian Bayi dan Ibu .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	19
3.1 Sumber Data .....	19
3.2 Variabel Penelitian.....	19
3.3 Langkah Analisis .....	21
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	23
4.1 Statistika Deskriptif Jumlah Kematian Bayi dan Ibu di Jawa Timur .....	23
4.1.1 Persebaran Jumlah Kematian Bayi .....	24
4.1.2 Persebaran Jumlah Kematian Ibu .....	25
4.1.3 Persentase Persalinan Oleh Tenaga Kesehatan di Jawa Timur .....	26
4.1.4 Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani di Jawa Timur .....	27
4.1.5 Persentase Kunjungan Ibu Hamil dengan K4 di Jawa Timur .....	28
4.1.6 Persentase Ibu Hamil Mendapat Tablet Fe3 di .....	29
4.1.7 Persentase Rumah Tangga ber-PHBS.....	30
4.2 Pemodelan Jumlah Kematian Bayi dan Ibu Mengguna- kan <i>Bivariate Generalized Poisson Regression</i> .....	31
4.2.1 Uji Korelasi Antar Variabel Respon.....	31
4.2.2 Uji Distribusi Variabel Respon.....	32
4.2.3 Uji Multikolinearitas.....	32
4.2.4 Pemilihan Model Terbaik .....	33
4.2.5 Pengujian Parameter Model BGPR .....	34
4.2.6 Pemodelan Jumlah Kematian Bayi dan Ibu .....	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	39
5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	41
<b>LAMPIRAN</b> .....	43

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Modifikasi Model Konseptual Jumlah Kematian Bayi dan Ibu .....	17
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	22
<b>Gambar 4.1</b> Persebaran Jumlah Kematian Bayi di Jawa Timur	24
<b>Gambar 4.2</b> Persebaran Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur..	25
<b>Gambar 4.3</b> Persebaran Persentase Persalinan Oleh Tenaga Kesehatan .....	26
<b>Gambar 4.4</b> Persebaran Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani.....	27
<b>Gambar 4.5</b> Persebaran Persentase Kunjungan Ibu Hamil dengan K4.....	28
<b>Gambar 4.6</b> Persebaran Persentase Ibu Hamil Mendapatkan Tablet Fe3.....	29
<b>Gambar 4.7</b> Persebaran Persentase Rumah Tangga ber-PHBS .	30

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Variabel Penelitian .....	19
<b>Tabel 3.2</b> Struktur Data Penelitian.....	20
<b>Tabel 4.1</b> Statistika Deskriptif dari Variabel data.....	23
<b>Tabel 4.2</b> Matriks Korelasi Antar Variabel .....	32
<b>Tabel 4.3</b> Nilai VIF Variabel Prediktor .....	33
<b>Tabel 4.4</b> Perbandingan Model Terbaik dengan Nilai AICc .....	34
<b>Tabel 4.5</b> Estimasi Parameter Model BGR.....	35

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Data Penelitian Jumlah Kematian Bayi dan Ibu.....	43
<b>Lampiran 2.</b> Statistika Deskriptif.....	45
<b>Lampiran 3.</b> Korelasi <i>Pearson</i> Antar Variabel.....	45
<b>Lampiran 4.</b> Nilai VIF Untuk $X_1$ .....	46
<b>Lampiran 5.</b> Nilai VIF Untuk $X_2$ .....	46
<b>Lampiran 6.</b> Nilai VIF Untuk $X_3$ .....	47
<b>Lampiran 7.</b> Nilai VIF Untuk $X_4$ .....	47
<b>Lampiran 8.</b> Nilai VIF Untuk $X_5$ .....	48
<b>Lampiran 9.</b> Syntax R Uji <i>Bivariate Generalized Poisson</i> .....	49
<b>Lampiran 10.</b> Output R Uji <i>Bivariate Generalized Poisson</i> .....	49
<b>Lampiran 11.</b> Syntax R Pemodelan BGPR.....	50
<b>Lampiran 12.</b> Langkah Menjalankan Syntax.....	56
<b>Lampiran 13.</b> Output R Pemodelan BGPR.....	57
<b>Lampiran 14.</b> <i>Scatterplot</i> antara $\ln(Y_1)$ dan $X_1 X_2 X_5$ .....	58
<b>Lampiran 15.</b> <i>Scatterplot</i> antara $\ln(Y_2)$ dan $X_1 X_2 X_5$ .....	58

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Millenium Development Goals* (MDGs) dapat diartikan sebagai tujuan pembangunan *Millenium* yang merupakan sebuah paradigma pembangunan global yang dideklarasikan Konferensi Tingkat Tinggi Milenium oleh 189 negara anggota Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) di New York dan menghasilkan 8 tujuan pokok yang harus tercapai. Seiring berakhirnya periode MDGs pada akhir tahun 2015 ada 193 kepala negara telah mengesahkan *Sustainable Development Goals* (SDGs) pada 25 September 2015 sebagai kesepakatan baru terhadap agenda pembangunan global untuk periode 2016-2030. SDGs memiliki 17 tujuan utama. Salah satu tujuan pokok *Sustainable Development Goals* (SDGs) yaitu meningkatkan derajat kesehatan masyarakat diantaranya dengan menurunkan angka kematian bayi dan ibu. Salah satu indikator penting dalam menentukan tingkat derajat kesehatan masyarakat dan keberhasilan pembangunan di suatu wilayah adalah angka kematian ibu (AKI) dan angka kematian bayi (AKB).

Angka Kematian Ibu adalah jumlah kematian ibu selama masa kehamilan, persalinan dan nifas yang disebabkan oleh kehamilan, persalinan atau pengelolaannya tetapi bukan karena sebab lain seperti kecelakaan atau terjatuh di setiap 100.000 kelahiran hidup. Sedangkan Angka Kematian Bayi adalah jumlah kematian per 1.000 kelahiran hidup yang terjadi pada bayi dengan usia kurang dari satu tahun pada tahun dan pada daerah tertentu. (Kemenkes, 2018).

Jumlah kematian ibu dan kematian bayi saling berhubungan karena pada saat bayi dalam kandungan, gizi yang diperoleh janin disalurkan dari tubuh ibu melalui plasenta sehingga selama masa kehamilan kondisi ibu akan berpengaruh pada janin yang akan dilahirkan. Selain itu, peran ibu dalam merawat bayi juga sangat berpengaruh dalam perkembangan bayi tersebut, agar tindakan yang diberikan sesuai maka diperlukan

adanya suatu penelitian tentang jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi dengan melibatkan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi keduanya secara bersamaan. Beberapa penelitian tentang kasus kematian bayi dan ibu yaitu Rachmah (2014) telah melakukan pemodelan jumlah kematian bayi dan ibu dengan menggunakan metode *Bivariate Poisson Regression* (BPR) di daerah Jawa Timur tahun 2012 dengan hasil yang diperoleh yaitu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu hanya persentase persalinan oleh tenaga kesehatan. Sedangkan variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi adalah persentase tenaga kesehatan, persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase ibu hamil melaksanakan program K4, persentase ibu hamil mendapatkan tablet Fe<sub>3</sub>, persentase rumah tangga ber-PHBS, persentase wanita berstatus kawin di bawah usia 20 tahun dan persentase peserta KB aktif.

Putri (2017) juga telah melakukan pemodelan jumlah kematian bayi dan ibu dengan menggunakan metode *Bivariate Generalized Poisson Regression* (BGPR) di daerah Jawa Tengah tahun 2015 dengan hasil yang diperoleh yaitu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan dan persentase rumah tangga ber-PHBS. Sedangkan variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi adalah persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase persalinan oleh tenaga kesehatan dan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS).

Angka kematian bayi baru lahir dan ibu di Jatim masih tinggi, saat ini Jawa Timur belum mampu mencapai target SDGs pada angka kematian bayi dan ibu yaitu sebesar 70/100.000 kelahiran sedangkan Jawa Timur masih 90/100.000 kelahiran (Ermalena, 2017). Pada penelitian ini akan menganalisis dua variabel respon yaitu jumlah kematian ibu dan jumlah kematian bayi di Jawa Timur tahun 2017. Analisis dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Bivariate Generalized Poisson*

*Regression* karena diduga data terjadi kasus overdispersi dan tidak mengandung banyak nol.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Seiring berakhirnya periode *Millenium Development Goals* (MDGs) dan munculnya *Sustainable Development Goals* (SDGs) sebagai kesepakatan baru terhadap agenda pembangunan global menjadikan target untuk angka kematian bayi dan ibu juga meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan target SDGs yaitu sebesar 70/100.000 kelahiran, sedangkan di Jawa Timur masih 90/100.000 kelahiran. Rumusan masalah yang dibahas berdasarkan apa yang telah dijelaskan adalah untuk mengetahui karakteristik jumlah kematian bayi dan ibu serta mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah kematian bayi dan ibu di Jawa Timur.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini berdasarkan rumusan masalah adalah memperoleh model yang terbaik dan menentukan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi jumlah kematian bayi dan ibu dengan *Bivariate Generalized Poisson Regression*

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur dalam upaya penurunan angka kematian bayi dan ibu berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh berdasarkan hasil penelitian ini

## **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah penelitian ini adalah hanya menggunakan 5 faktor yang diduga mempengaruhi kematian bayi dan ibu di Jawa Timur tahun 2017 yaitu persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase kunjungan ibu hamil dengan K4, persentase ibu hamil

mendapat tablet Fe<sub>3</sub>, dan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan bagian dari statistika yang membahas tentang metode- metode untuk menyajikan suatu data sehingga dapat memberikan informasi yang berguna. Secara umum, statistika deskriptif dapat diartikan sebagai metode- metode yang berkaitan dengan pengumpulan serta penyajian data. Statistika deskriptif terdiri dari dua jenis ukuran data, yaitu ukuran pemusatan data yang terdiri dari *range*, varians, standar deviasi dan ukuran pemusatan data yang terdiri dari rata-rata, median, modus (Walpole, 1995).

##### a. Rata-rata

Rata-rata merupakan hasil dari penjumlahan seluruh data yang dibagi dengan banyaknya data. Berikut adalah rumus dari rata-rata.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

##### b. Varians

Varians merupakan jumlah kuadrat semua deviasi nilai-nilai individual terhadap rata-rata kelompok. Berikut adalah rumus dari varians.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2.2)$$

##### c. Maksimum dan Minimum

Maksimum adalah nilai tertinggi dari suatu data, sedangkan minimum adalah nilai terendah dari suatu data



d. Peta tematik

Peta tematik adalah peta yang memuat tema-tema khusus untuk kepentingan tertentu, yang bermanfaat dalam penelitian, ilmu pengetahuan, perencanaan, pariwisata, peta daerah rawan longsor, dan masih banyak yang lainnya. (Setiawan, 2015)

## 2.2 Distribusi Poisson

Distribusi Poisson merupakan suatu distribusi untuk peristiwa yang memiliki probabilitas kecil, dimana kejadian tergantung pada interval waktu tertentu atau di suatu daerah tertentu dengan hasil pengamatan berupa variabel diskrit dan antar variabel prediktor saling independent (Myers, 1990).

### 2.2.1 Distribusi Poisson *Univariate*

Variabel random diskrit  $Y$  dikatakan berdistribusi Poisson dengan parameter  $\lambda$  jika dan hanya jika fungsi probabilitasnya adalah sebagai berikut.

$$f(y) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!}, & y = 0, 1, 2, \dots; \lambda > 0 \\ 0, & y \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.3)$$

dengan  $\lambda$  adalah mean suatu kejadian ( $y$ ) yang nilainya lebih besar atau sama dengan nol. Mean dan varians dari  $Y$  adalah  $E(Y) = \text{var}(Y) = \lambda$

### 2.2.1 Distribusi Poisson *Bivariate*

Misalkan variabel random  $Y_1 = X_1 + X_0$  dan  $Y_2 = X_2 + X_0$  dengan  $X_0, X_1, X_2$  merupakan variabel random yang saling bebas serta masing-masing berdistribusi Poisson dengan parameter  $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2$ .

Variabel acak  $Y_1$  dan  $Y_2$  memiliki distribusi bivariate Poisson dengan fungsi peluang ditunjukkan pada persamaan (2.4) (Karlis & Ntzoufras, 2005).

$$f(y_1, y_2) = \begin{cases} e^{-(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_0)} \sum_k^{\min(y_1, y_2)} \frac{\lambda_1^{y_1-k} \lambda_2^{y_2-k} \lambda_0^k}{(y_1-k)!(y_2-k)!k!}, & y_1, y_2 = 0, 1, 2, \dots \\ 0, & y_1, y_2 \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.4)$$

Nilai harapan dan varians dari kedua variabel acak tersebut adalah

$$E(Y_1) = \lambda_1 + \lambda_0$$

$$E(Y_2) = \lambda_2 + \lambda_0$$

$$\text{Var}(Y_1) = E(Y_1) = \lambda_1 + \lambda_0$$

$$\text{Var}(Y_2) = E(Y_2) = \lambda_2 + \lambda_0$$

### 2.3. Distribusi *Bivariate Generalized Poisson*

Pada persamaan (2.5) menunjukkan bahwa fungsi kepadatan peluang dari distribusi *Bivariate Generalized Poisson* (Vernic, 1997)

$$f(y_1, y_2) = \lambda_0 \lambda_1 \lambda_2 \exp\{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_0) - y_1 \alpha_1 - y_2 \alpha_2\} \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \quad (2.5)$$

dimana,

$$a_1 = \sum_{k=0}^{\min(y_1, y_2)} \frac{1}{(y_1 - k)!(y_2 - k)!k!} (\lambda_1 + (y_1 - k)\alpha_1)^{y_1 - k - 1}$$

$$a_2 = (\lambda_2 + (y_2 - k)\alpha_2)^{y_2 - k - 1} (\lambda_0 + k\alpha_0)^{k-1}$$

$$a_3 = \exp\{k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)\}$$

#### 2.3.1 Uji Distribusi *Bivariate Generalized Poisson*

Uji distribusi *Bivariate Generalized Poisson* menggunakan *Croxkett's test*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah variabel  $Y_1$  dan  $Y_2$  mengikuti distribusi *Bivariate Generalized Poisson*, berikut adalah hipotesis dari *Croxkett's test*.

$H_0$  : Variabel respon  $Y_1$  dan  $Y_2$  mengikuti *Bivariate Generalized Poisson*

$H_1$  : Variabel respon  $Y_1$  dan  $Y_2$  tidak mengikuti *Bivariate Generalized Poisson*

Statistik uji :

$$Q = \mathbf{Z}^T \hat{\mathbf{V}}^{-1} \mathbf{Z} \quad (2.6)$$

dimana,

$\mathbf{Z}^T = [Z_{Y_1} \quad Z_{Y_2}]$ ;  $Z_h = \text{var}[Y_h] - \bar{Y}_h$ ,  $h = 1, 2$  dan

$$\hat{\mathbf{V}} = \frac{2}{n} \begin{bmatrix} \hat{\lambda}_1 & \hat{\lambda}_{12} \\ \hat{\lambda}_{12} & \hat{\lambda}_2 \end{bmatrix}; \quad n = 1, 2; \quad \hat{\lambda}_h = \hat{\text{var}}(Y_h); \quad \hat{\lambda}_{gh} = \hat{\text{cov}}(Y_g, Y_h);$$

$g, h = 1, 2; \quad g \neq h$

Tolak  $H_0$  apabila  $|Q_{hitung}| > \chi^2_{(n, \alpha)}$

#### 2.4. Regresi Poisson Bivariat

Regresi Poisson Bivariat adalah metode yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara dua variabel respon ( $Y_1$  dan  $Y_2$ ) dengan beberapa variabel prediktor ( $X$ ) (Karlis dan Ntzoufras, 2005). Variabel prediktor tersebut adalah variabel yang diduga sama-sama berpengaruh untuk kedua variabel respon. Model Regresi Poisson Bivariat adalah sebagai berikut.

$$(Y_{1i}, Y_{2i}) \sim PB(\lambda_{1i}, \lambda_{2i}, \lambda_0)$$

$$\lambda_{ij} + \lambda_0 = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_j) \quad ; j = 1, 2 \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.7)$$

#### 2.5. *Bivariate Generalized Poisson Regression (BGPR)*

*Bivariate Generalized Poisson Regression* adalah pengembangan Regresi Poisson Bivariat pada data yang mengalami kasus overdispersi atau underdispersi. Jika diketahui  $(Y_{1i}, Y_{2i}) \sim BGP(\lambda_{1i}, \lambda_{2i}, \alpha_1, \alpha_2)$  maka model dari *Bivariate Generalized Poisson Regression* adalah

$$\ln(\lambda_i) = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_j = \beta_{j0} + \beta_{j1}x_{1i} + \beta_{j2}x_{2i} + \dots + \beta_{jk}x_{ki} \quad (2.8)$$

dimana,

$$\mathbf{x}_i = [1 \ x_{i1} \ \dots \ x_{ik}]^T \text{ dan } \boldsymbol{\beta}_j = [\beta_{j0} \ \beta_{j1} \ \dots \ \beta_{jk}]^T$$

### 2.5.1 Penaksiran Parameter *Bivariate Generalized Poisson Regression*

Parameter pada model *Bivariate Generalized Poisson Regression* (BGPR) ditaksir menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) yaitu dengan memaksimumkan fungsi *likelihood*-nya. Fungsi kepadatan peluang dari BGPR ditunjukkan pada persamaan (2.9)

$$f(y_{1i}, y_{2i}) = \lambda_0 \lambda_{1i} \lambda_{2i} \exp\{-(\lambda_{1i} + \lambda_{2i} + \lambda_0) - y_{1i} \alpha_1 - y_{2i} \alpha_2\} \cdot P \cdot Q \quad (2.9)$$

dimana,

$$P = \sum_k^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(\lambda_{1i} + (y_{1i} - k) \alpha_1)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} \frac{(\lambda_{2i} + (y_{2i} - k) \alpha_2)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!}$$

$$Q = \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!} \exp(k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0))$$

Kemudian membentuk fungsi *likelihood* dari BGPR yang disajikan pada persamaan (2.10)

$$L(\boldsymbol{\theta}) = L(\lambda_0, \lambda_{1i}, \lambda_{2i}, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_0, i=1, 2, \dots, n)$$

$$L(\boldsymbol{\theta}) = \prod_{i=1}^n \lambda_0 \lambda_{1i} \lambda_{2i} \exp\{-(\lambda_0 + \lambda_{1i} + \lambda_{2i}) - y_{1i} \alpha_1 - y_{2i} \alpha_2\} \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(\lambda_{1i} + (y_{1i} - k) \alpha_1)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} \frac{(\lambda_{2i} + (y_{2i} - k) \alpha_2)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!} \exp(k(\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_0)) \quad (2.10)$$

$$\text{dimana, } \boldsymbol{\theta} = [\lambda_0, \boldsymbol{\beta}_1^T, \boldsymbol{\beta}_2^T, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_0]^T$$

selanjutnya dilakukan transformasi dari  $\lambda_{ji} + \lambda_0 = e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_j}$  kedalam persamaan (2.10) dan diperoleh fungsi  $\ln$  *likelihood* seperti pada persamaan (2.11).

$$\begin{aligned} \ln L(\boldsymbol{\theta}) = & \sum_{i=1}^n \ln \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 \right) + \sum_{i=1}^n \ln \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 \right) - n\lambda_0 - \\ & \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 \right) + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 \right) - \sum_{i=1}^n (y_{1i} \alpha_1) - \sum_{i=1}^n y_{2i} \alpha_2 + \sum_{i=1}^n \ln W_i \end{aligned} \quad (2.11)$$

dimana,

$$\begin{aligned} W_i &= \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} W_{1i} W_{2i} \\ W_{1i} &= \frac{\left( \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 \right) + (y_{1i} - k) \right)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} \exp k(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_0) \\ W_{2i} &= \frac{\left( \left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 \right) + (y_{2i} - k) \right)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k\alpha_0)^{k-1}}{k!} \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya melakukan penaksiran parameter BGPR dengan cara menurunkan fungsi  $\ln$  *likelihood* BGPR terhadap semua parameternya serta disama dengankan nol. Turunan pertama dari fungsi  $\ln$  *likelihood* persamaan (2.11) terhadap  $\lambda_0$  adalah seperti persamaan (2.12).

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \lambda_0} &= n\lambda_0^{-1} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0} - 3n + \sum_{i=1}^n \ln W_i \\ &= n\lambda_0^{-1} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0} - 3n + \sum_{i=1}^n \ln W_i \frac{\partial W_i}{\partial \lambda_0} \end{aligned} \quad (2.12)$$

dimana  $W_i$  dan turunan  $W_i$  terhadap  $\lambda_0$  adalah

$$\begin{aligned}
W_i &= \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} W_{1i} W_{2i} \\
&= \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{\left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k) \alpha_1 \right)^{y_{1i} - k - 1}}{(y_{1i} - k)!} \exp k(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_0) \\
&\quad \frac{\left( e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k) \alpha_2 \right)^{y_{2i} - k - 1}}{(y_{2i} - k)!} \frac{(\lambda_0 + k \alpha_0)^{k-1}}{k!}
\end{aligned} \tag{2.13}$$

sehingga turunan pertama dari fungsi ln *likelihood* terhadap  $\lambda_0$  adalah :

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \lambda_0} = n \lambda_0^{-1} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0} - a_4 \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} a_5 \cdot a_6 \tag{2.14}$$

dimana,

$$a_4 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0} + 3n$$

$$a_5 = \frac{-(y_{1i} - k - 1)}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 + (y_{1i} - k) \alpha_1}$$

$$a_6 = \frac{-(y_{2i} - k - 1)}{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 + (y_{2i} - k) \alpha_1} + \frac{(k - 1)}{\lambda_0 + k \alpha_0}$$

Turunan pertama dari fungsi ln *likelihood* pada persamaan (2.11) terhadap  $\boldsymbol{\beta}_1$  adalah pada persamaan (2.15)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\beta}_1} &= \sum_{i=1}^n \frac{e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} \mathbf{x}_i}{e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} \mathbf{x}_i \right) + \sum_{i=1}^n \ln W_i \frac{\partial W_i}{\partial \boldsymbol{\beta}_1} \\
&= \sum_{i=1}^n \frac{e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} \mathbf{x}_i}{e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} \mathbf{x}_i \right) + \\
&\quad \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(y_{1i} - k - 1) \left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} \mathbf{x}_i \right)}{\left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 \right) + (y_{1i} - k) \alpha_1}
\end{aligned} \tag{2.15}$$

Turunan pertama dari fungsi  $\ln$  *likelihood* pada persamaan (2.11) terhadap  $\boldsymbol{\beta}_2$  adalah pada persamaan (2.16)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\beta}_2} &= \sum_{i=1}^n \frac{e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} \mathbf{x}_i}{e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} \mathbf{x}_i \right) + \sum_{i=1}^n \ln W_i \frac{\partial W_i}{\partial \boldsymbol{\beta}_2} \\
&= \sum_{i=1}^n \frac{e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} \mathbf{x}_i}{e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0} + \sum_{i=1}^n \left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} \mathbf{x}_i \right) + \\
&\quad \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(y_{2i} - k - 1) \left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} \mathbf{x}_i \right)}{\left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 \right) + (y_{2i} - k) \alpha_2}
\end{aligned} \tag{2.16}$$

Turunan pertama dari fungsi  $\ln$  *likelihood* pada persamaan (2.11) terhadap  $\alpha_1$  adalah pada persamaan (2.17).

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1} = - \sum_{i=1}^n (y_{1i}) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(y_{1i} - k - 1)(y_{1i} - k)}{\left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_1} - \lambda_0 \right) + (y_{1i} - k) \alpha_1} + k \tag{2.17}$$

Turunan pertama dari fungsi  $\ln$  *likelihood* pada persamaan (2.11) terhadap  $\alpha_2$  adalah pada persamaan (2.18).

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_2} = - \sum_{i=1}^n (y_{2i}) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(y_{2i} - k - 1)(y_{2i} - k)}{\left( e^{\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}_2} - \lambda_0 \right) + (y_{2i} - k) \alpha_2} + k \tag{2.18}$$

Turunan pertama dari fungsi  $\ln$  *likelihood* pada persamaan (2.11) terhadap  $\alpha_0$  adalah pada persamaan (2.19).

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_0} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^{\min(y_{1i}, y_{2i})} \frac{(k-1)k}{(\lambda_0 + k\alpha_0)} - k \quad (2.19)$$

(Setiawan, 2017)

### 2.5.2 Pengujian Parameter Model *Bivariate Generalized Poisson Regression*

Pengujian parameter model *Bivariate Generalized Poisson Regression* dilakukan dengan metode *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) dengan hipotesis

$$H_0 : \beta_{j1} = \beta_{j2} = \dots = \beta_{jk} = 0 \text{ dan } \alpha_1 = \alpha_2 = 0, \quad j = 1, 2$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_{jl} \neq 0 \text{ dan } \alpha_j \neq 0, \quad l = 1, 2, \dots, k$$

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} D(\hat{\boldsymbol{\beta}}) &= -2 \left( \frac{L(\hat{\boldsymbol{\omega}})}{L(\hat{\boldsymbol{\Omega}})} \right) \\ &= 2 \left( \ln L(\hat{\boldsymbol{\Omega}}) - \ln L(\hat{\boldsymbol{\omega}}) \right) \end{aligned}$$

Daerah penolakan  $H_0$  adalah  $D(\hat{\boldsymbol{\beta}}) > \chi^2_{(a; a-b)}$

Apabila keputusan pengujian secara serentak adalah tolak  $H_0$  maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian parameter secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model. Hipotesis yang digunakan adalah

1. Parameter  $\beta$

$$H_0 : \beta_{jl} = 0$$

$$H_1 : \beta_{jl} \neq 0 ; \quad j = 1, 2 \text{ dan } l = 1, 2, \dots, k$$



Statistik uji yang digunakan adalah

$$Z = \frac{\hat{\beta}_{jl}}{se(\hat{\beta}_{jl})} \quad (2.20)$$

$se(\hat{\beta}_{jl})$  merupakan standart *error* dari  $\hat{\beta}_{jl}$ . Daerah penolakan

$H_0$  adalah  $|Z| > Z_{(\alpha/2)}$

2. Parameter  $\alpha$

$H_0 : \alpha_j = 0$

$H_1 : \alpha_j \neq 0 ; j = 1, 2$

Statistik uji yang digunakan adalah

$$Z = \frac{\hat{\alpha}_j}{se(\hat{\alpha}_j)} \quad (2.21)$$

$se(\hat{\alpha}_j)$  merupakan standart *error* dari  $\hat{\alpha}_j$ . Daerah penolakan

$H_0$  adalah  $|Z| > Z_{(\alpha/2)}$

## 2.6. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi merupakan suatu indikator atau suatu nilai dalam hubungan linier antar dua variabel. (Draper dan Smith, 1992).

$$r_{y_1 y_2} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{1i} - \bar{y}_1)(y_{2i} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (y_{1i} - \bar{y}_1)^2\right)\left(\sum_{i=1}^n (y_{2i} - \bar{y}_2)^2\right)}} \quad (2.22)$$

Nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga 1, sehingga menunjukkan dua hubungan, yaitu hubungan negative dan positif. Apabila nilai korelasi mendekati 1, baik positif dan negatif, hal tersebut menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan yang erat begitu juga sebaliknya. Nilai korelasi positif menunjukkan adanya hubungan yang berbanding lurus pada dua variabel tersebut, sedangkan nilai korelasi negatif menunjukkan hubungan

yang berbanding terbalik. Berikut adalah hipotesis pengujian korelasi untuk variabel respon.

$H_0$  : tidak terdapat hubungan antara  $Y_1$  dengan  $Y_2$

$H_1$  : terdapat hubungan antara  $Y_1$  dengan  $Y_2$

Statistik uji yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut

$$T = \frac{r_{y_1, y_2} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1 - (r_{y_1, y_2})^2}}$$

Daerah penolakan  $H_0$  adalah  $|T| > T_{(\alpha/2; (n-2))}$

## 2.7. Multikolinearitas

Adanya korelasi antar variabel prediktor dalam model regresi linier atau biasa disebut dengan multikolinearitas, akan menyebabkan suatu *error* yang besar pada pendugaan parameter regresi. Deteksi multikolinearitas dapat dilakukan menggunakan nilai *Variance Inflation Vector* (VIF). Untuk regresi lebih dari dua variabel definisi VIF adalah,

$$\text{VIF}_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad ; j = 1, 2, \dots, k$$

Dengan  $R_j^2$  merupakan nilai koefisien determinasi antara variabel  $x_j$  dengan variabel  $x$  lainnya. Adanya kasus multikolinearitas dapat diketahui melalui *Variance Inflation Vector* (VIF) yang lebih besar dari 10.

## 2.8. Pemilihan Model Terbaik

Metode *Akaike Information Criterion* (AIC) adalah kriteria kesesuaian model dalam menduga model secara statistik. Kriteria AIC digunakan apabila pemodelan regresi bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap model. (Johnson dan Wichern, 2007). *Akaike Information Criterion Corrected* (AICc) juga merupakan salah satu ukuran kriteria kebaikan model dalam mengestimasi model secara statistik,

dalam praktiknya penggunaan nilai AICc lebih baik apabila digunakan untuk regresi Poisson (Hu, 2007). Rumus AICc adalah sebagai berikut.

$$\text{AICc} = n \ln \left( \left| \hat{\Sigma}_d \right| \right) - 2J\tilde{k} + 2 \frac{k(\tilde{k} + 1 + J)}{n - \tilde{k} - 1 - J} \quad (2.21)$$

dimana,

$$\hat{\Sigma}_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^T \hat{\varepsilon}_i$$

$$k = \frac{\tilde{k}J + J(J + 1)}{2}$$

$J$  adalah banyaknya variabel respon, dan  $\tilde{k}$  adalah jumlah parameter bebas. Model terbaik BGPR adalah model yang memiliki nilai AICc terkecil.

## 2.9. Kematian Bayi dan Ibu

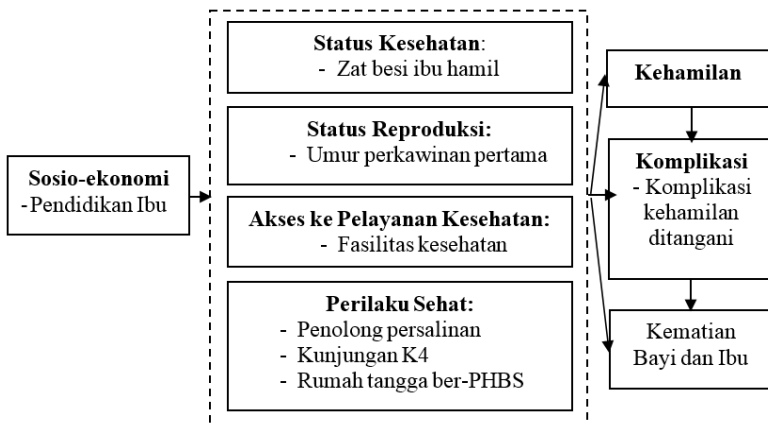
Kematian ibu adalah kematian selama kehamilan atau dalam periode 42 hari setelah berakhirnya kehamilan, akibat semua sebab yang terikat dengan atau diperberat oleh kehamilan atau penanganannya, tetapi bukan disebabkan oleh kecelakaan/cedera.

Kematian bayi adalah kematian yang terjadi saat bayi lahir sampai bayi belum berusia tepat satu tahun. Indikator yang digunakan untuk kematian bayi adalah AKB. AKB adalah angka kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup yang terjadi pada bayi dengan usia kurang dari satu tahun dengan kata lain probabilitas bayi meninggal sebelum usia satu tahun dinyatakan per 1.000 kelahiran hidup (kh) (Depkes, 2014).

Penelitian tentang kematian bayi yang telah dilakukan oleh Prahutama (2017) dengan menggunakan regresi generalized poisson dan binomial negatif di daerah Jawa Tengah diperoleh hasil bahwa variabel yang signifikan untuk pemodelan Angka Kematian Bayi (AKB) yaitu variabel sarana kesehatan (RS dan Puskesmas), prosentase berperilaku hidup bersih dan sehat, dan rata-rata lama pemberian ASI. Arkandi (2015) telah melakukan

penelitian tentang kematian ibu dan kematian bayi dengan pendekatan regresi poisson bivariat di Provinsi Jawa Timur tahun 2013 diperoleh hasil bahwa variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kematian ibu adalah persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 dan persentase ibu hamil yang mendapat table Fe3, sedangkan variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kematian bayi adalah persentase kunjungan ibu hamil dengan K4, persentase ibu hamil yang mendapat table Fe3, persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan, persentase peserta KB aktif, dan persentase rumah tangga ber-PHBS.

Kerangka konsep kematian bayi oleh Mosley dan Chen dan kematian ibu oleh McCarthy dan Maine. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa modifikasi terhadap model Mc Carthy dan Maine (1992) berikut ini (Setiawan, 2017).



**Gambar 2.1** Modifikasi Model Konseptual Jumlah Kematian Bayi dan ibu

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Sumber Data**

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur tentang Profil Kesehatan Jawa Timur 2017. Unit pengamatan sebanyak 38 unit pengamatan yang terdiri atas 29 Kabupaten dan 9 Kota.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian yang diduga berpengaruh terhadap kematian bayi dan ibu di Jawa Timur disajikan dalam Tabel 3.1 sebagai berikut.

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

<b>Variabel</b>	<b>Keterangan</b>
Y <sub>1</sub>	Jumlah Kematian Bayi
Y <sub>2</sub>	Jumlah Kematian Ibu
X <sub>1</sub>	Persentase Persalinan Oleh Tenaga Kesehatan
X <sub>2</sub>	Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani
X <sub>3</sub>	Persentase Kunjungan Ibu Hamil dengan K4
X <sub>4</sub>	Persentase Ibu Hamil Mendapat Tablet Fe3
X <sub>5</sub>	Persentase Rumah Tangga ber-PHBS

Sumber : Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur Tahun 2017

Adapun definisi operasional variabel penelitian adalah

1. Jumlah kematian bayi adalah jumlah kematian yang terjadi pada bayi sebelum mencapai usia satu tahun di setiap kab/kota di Jawa Timur pada setiap 1.000 kelahiran hidup.
2. Jumlah kematian ibu adalah kematian selama kehamilan atau dalam periode 42 hari setelah berakhirnya kehamilan, akibat semua sebab yang terikat dengan atau diperberat oleh kehamilan atau penanganannya, tetapi bukan disebabkan oleh kecelakaan/cedera di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur setiap 100.000 kelahiran hidup.

3. Persentase persalinan oleh tenaga kesehatan adalah jumlah ibu bersalin yang ditolong oleh tenaga kesehatan yang memiliki kompetensi kebidanan (dokter kandungan, dokter umum, dan bidan) dibagi dengan jumlah ibu bersalin di wilayah pada kurun waktu yang sama dikali 100%
4. Persentase komplikasi kebidanan ditangani adalah jumlah ibu (hamil, bersalin, dan nifas) dengan komplikasi kebidanan yang ditangani dibagi perkiraan ibu (hamil, bersalin, dan nifas) yang mengalami komplikasi kehamilan dikali 100% disuatu wilayah pada kurun waktu tertentu.
5. Persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 adalah jumlah kunjungan ibu hamil dengan K4 dibagi dengan jumlah sasaran ibu hamil dalam satu tahun dikali 100%
6. Persentase ibu hamil mendapat tablet Fe<sub>3</sub> adalah jumlah ibu hamil yang mendapatkan 90 tablet Fe<sub>3</sub> selama periode kehamilannya dibagi jumlah ibu hamil pada wilayah dan kurun waktu yang sama dikali 100%
7. Persentase rumah tangga ber-PHBS adalah jumlah rumah tangga yang seluruh anggotanya berperilaku hidup bersih dan sehat dibagi dengan seluruh jumlah rumah tangga di setiap kabupaten/kota dikali 100%

Berikut adalah Struktur data yang akan digunakan.

**Tabel 3.2** Struktur Data

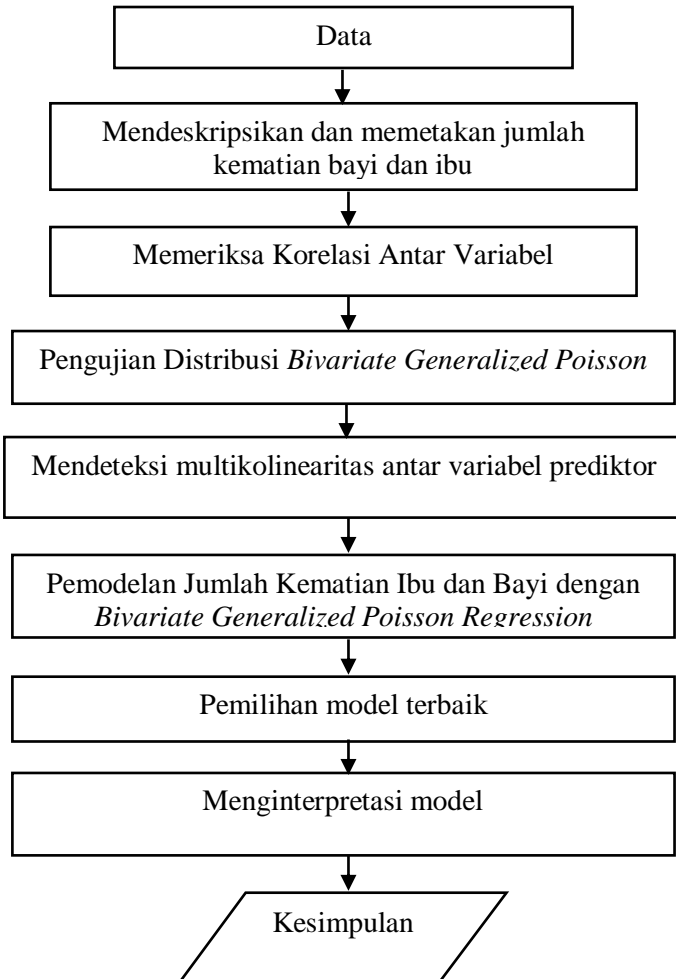
No	Kab/Kota	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
1	1	Y <sub>1,1</sub>	Y <sub>2,1</sub>	X <sub>1,1</sub>	X <sub>2,1</sub>	X <sub>3,1</sub>	X <sub>4,1</sub>	X <sub>5,1</sub>
2	2	Y <sub>1,2</sub>	Y <sub>2,2</sub>	X <sub>1,2</sub>	X <sub>2,2</sub>	X <sub>3,2</sub>	X <sub>4,2</sub>	X <sub>5,2</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>i</i>	<i>i</i>	Y <sub>1,<i>i</i></sub>	Y <sub>2,<i>i</i></sub>	X <sub>1,<i>i</i></sub>	X <sub>2,<i>i</i></sub>	X <sub>3,<i>i</i></sub>	X <sub>4,<i>i</i></sub>	X <sub>5,<i>i</i></sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
38	38	Y <sub>1,38</sub>	Y <sub>2,38</sub>	X <sub>1,38</sub>	X <sub>2,38</sub>	X <sub>3,38</sub>	X <sub>4,38</sub>	X <sub>5,38</sub>

### 3.3 Langkah Analisis

Berikut langkah analisis yang dilakukan pada penelitian ini.

1. Mendiskripsikan karakteristik jumlah kematian bayi dan ibu di Jawa Timur berdasarkan faktor diduga mempengaruhi dengan dua cara yaitu:
  - a. Mendeskripsikan variabel respon dan prediktor pada tabel statistika deskriptif dengan menggunakan nilai rata-rata, varians, nilai minimum dan maksimum dengan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada subbab 2.1
  - b. Mendeskripsikan variabel respon dan prediktor menggunakan peta tematik yang dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan klasifikasi *natural breaks* seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.1
2. Menguji korelasi antara jumlah kematian bayi dan ibu di Jawa Timur tahun 2017.
3. Melakukan uji distribusi *Bivariate Generalized Poisson* pada variabel respon menggunakan *Crockett's test*.
4. Melakukan deteksi multikolinearitas dengan menggunakan kriteria VIF.
5. Memodelkan variabel respon dan prediktor menggunakan BGPR.
  - a. Menaksir parameter model BGPR dengan menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) pada subbab 2.5.1
  - b. Menguji parameter secara serentak
  - c. Menguji parameter secara parsial
6. Menentukan model terbaik berdasarkan nilai AICc, yaitu dengan cara melihat nilai AICc yang terkecil dari beberapa model yang telah didapat.
7. Melakukan interpretasi model yang terbentuk.
8. Menarik kesimpulan dari hasil analisis.  
Berdasarkan langkah analisis yang telah dibuat, maka diagram alirnya adalah sebagai berikut:





**Gambar 3.1** Diagram Alir

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Tahap awal yang dilakukan pada bab ini adalah pembahasan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan dalam rangka menjawab rumusan masalah pada bab pertama, dengan menggunakan kajian teori pada bab dua, serta mengikuti langkah analisis yang sudah dipaparkan pada bab tiga.

#### 4.1 Statistika Deskriptif Jumlah Kematian Bayi dan Ibu di Jawa Timur

Statistika deskriptif merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian ini. Saat ini Jawa Timur masuk dalam lingkaran kematian bayi dan ibu karena tingginya angka kematian yang tidak mampu melampaui target SDGs. Berikut adalah statistika deskriptif dari variabel-variabel yang diduga mempengaruhi jumlah kematian bayi dan ibu di Jawa Timur.

**Tabel 4.1** Statistika Deskriptif Faktor Jumlah Kematian Bayi dan ibu

Variabel	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Y <sub>1</sub>	106,82	3489,45	8	223
Y <sub>2</sub>	13,92	102,02	0	49
X <sub>1</sub>	94,04	17,34	82,40	100
X <sub>2</sub>	93,10	67,25	65,24	100
X <sub>3</sub>	89,34	29,96	77,6	99,60
X <sub>4</sub>	88,37	32,14	76,32	100
X <sub>5</sub>	53,98	231,57	24,20	100

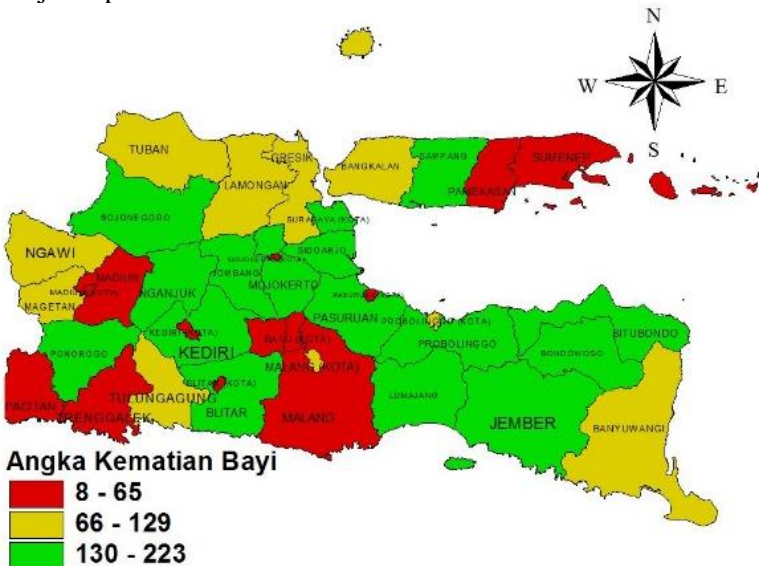
Dari Tabel 4.1 di atas menunjukkan bahwa jumlah kematian ibu di Jawa Timur pada tahun 2017 memiliki rata-rata di setiap kabupaten/kota sebesar 13,92 kasus atau 14 kasus, sedangkan jumlah kematian bayi di Jawa Timur memiliki rata-rata di setiap kabupaten/kota sebesar 106,82 kasus atau 107 kasus. Hal ini menunjukkan bahwa angka kematian bayi dan ibu masih tergolong tinggi. Jumlah kematian ibu di beberapa wilayah sangat rendah yakni kota Blitar, kota Mojokerto, dan kota Madiun

dengan jumlah kematian ibu 0 atau tidak ada, berbanding terbalik di Kabupaten Jember yang memiliki jumlah kematian ibu tertinggi yaitu 49 ibu.

Jumlah kematian bayi di wilayah Kabupaten Mojokerto sangat rendah yaitu 8 bayi, sedangkan di Kabupaten Jember sangat tinggi yaitu 223 bayi. Jumlah kematian bayi dan ibu juga memiliki nilai varians yang lebih tinggi daripada mean yang artinya data memiliki kasus overdispersi, maka jumlah kematian bayi dan ibu dapat dianalisis menggunakan *Bivariate Generalized Poisson Regression*.

#### 4.1.1 Persebaran Jumlah Kematian Bayi di Jawa Timur

Persebaran jumlah kematian bayi di Jawa Timur tahun 2017 disajikan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Persebaran Jumlah Kematian Bayi di Jawa Timur Tahun 2017

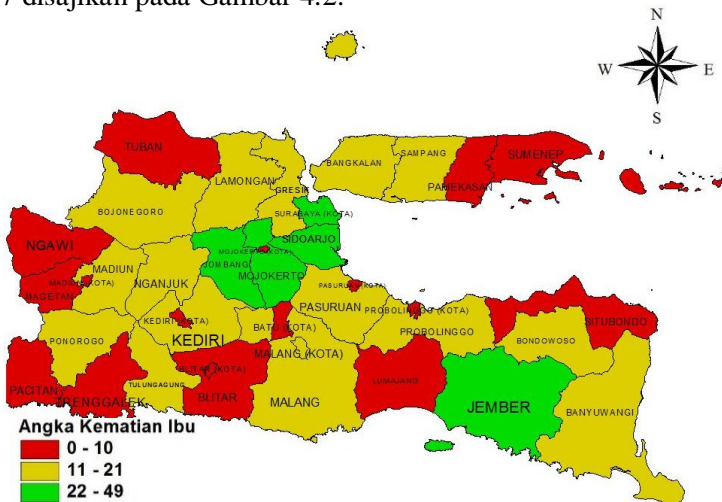
Peta persebaran Gambar 4.1 menunjukkan bahwa antar wilayah memiliki jumlah kematian bayi yang berbeda-beda dan tidak merata. Wilayah yang memiliki jumlah kematian bayi tertinggi adalah Kabupaten Jember dengan 223 kematian bayi.

Hal ini terjadi dikarenakan lambannya penanganan lantaran rendahnya pengetahuan pasien maupun keluarga pasien terkait kondisi kesehatan kehamilan maupun janin atau bayinya. (Prasetyo, 2018)

Wilayah dengan jumlah kematian bayi tinggi juga terdapat di Kabupaten Sidoarjo dan Kota Surabaya dengan 198-219 kematian bayi. Jumlah kematian bayi yang tinggi di daerah tersebut diduga akibat kurang optimalnya sistem penanganan pasien antar fasilitas di Jawa Timur (Perdana, 2018). Sementara itu Kota Mojokerto dan Kota Madiun memiliki jumlah kematian bayi terendah dengan kurang dari 20 kematian. Hal ini menunjukkan bahwa pengawasan bayi di wilayah tersebut sangat tinggi.

#### 4.1.2 Persebaran Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur

Peta tematik jumlah kematian ibu di Jawa Timur pada tahun 2017 disajikan pada Gambar 4.2.



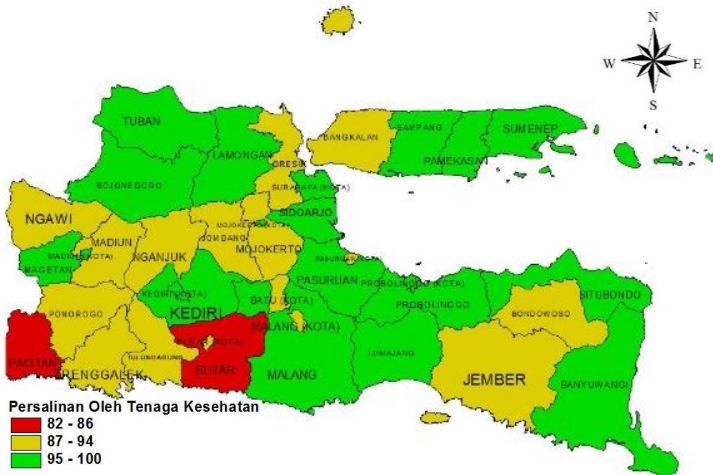
**Gambar 4.2** Persebaran Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur Tahun 2017

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa daerah yang memiliki jumlah kematian ibu tertinggi adalah Kabupaten Jember sebanyak

49 kematian ibu. Faktor yang mempengaruhi hampir sama seperti yang telah dijelaskan di sub bab 4.1.1 yaitu lambannya penanganan lantaran rendahnya pengetahuan pasien maupun keluarga pasien terkait kondisi kesehatan kehamilan maupun janin atau bayinya. Wilayah Kabupaten Sidoarjo dan Kota Surabaya juga termasuk kategori kematian ibu tinggi karena kurang optimalnya system penanganan pasien antar fasilitas di Jawa Timur. Sementara itu Kota Blitar, Kota Mojokerto, dan Madiun tidak memiliki kematian ibu atau 0 kasus kematian ibu. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut melakukan pengawasan yang tinggi.

#### 4.1.3 Persentase Persalinan Oleh Tenaga Kesehatan di Jawa Timur

Beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah kematian bayi dan ibu adalah persalinan oleh tenaga kesehatan, berikut adalah persebaran persalinan oleh tenaga kesehatan yang disajikan pada Gambar 4.3.



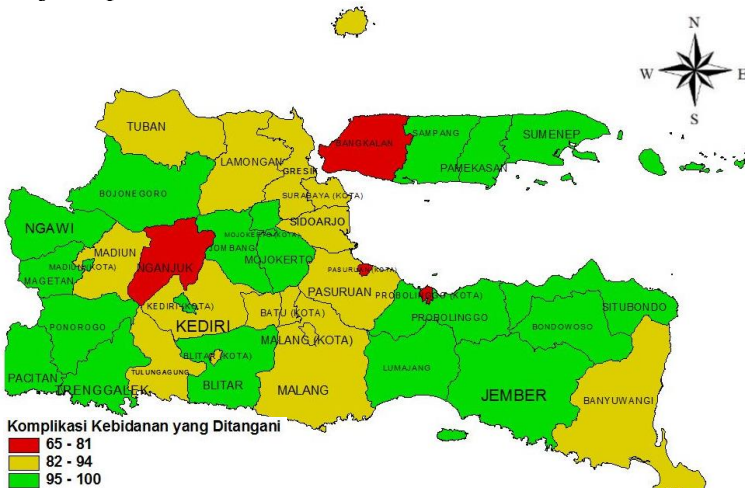
**Gambar 4.3** Persebaran Persentase Persalinan Oleh Tenaga Kesehatan

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa antar daerah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan masih belum merata. Wilayah

dengan persentase persalinan oleh tenaga kesehatan terendah adalah Kabupaten Pacitan dan Kabupaten Blitar. Sedangkan wilayah dengan persentase persalinan oleh tenaga kesehatan tertinggi adalah Kota Madiun. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya persalinan oleh tenaga kesehatan di Kota Madiun.

#### 4.1.4 Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani di Jawa Timur

Persebaran persentase komplikasi kebidanan yang ditangani disajikan pada Gambar 4.4.

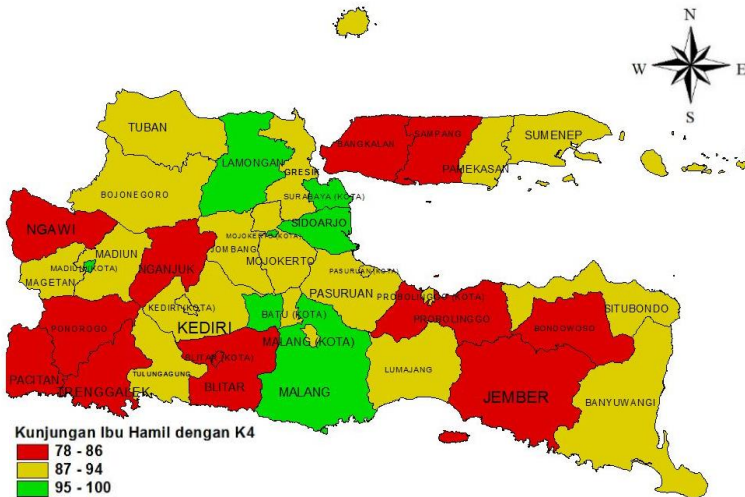


**Gambar 4.4** Persebaran Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa antar daerah persentase komplikasi kebidanan yang ditangani masih belum merata. Wilayah dengan persentase komplikasi kebidanan yang ditangani terendah adalah Kabupaten Nganjuk, Kabupaten, Kota Pasuruan, dan Probolinggo. Sedangkan wilayah dengan persentase komplikasi kebidanan yang ditangani tertinggi adalah Kabupaten Pacitan, Ponorogo, Lumajang, Jember, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Mojokerto, Magetan, Ngawi, Pamekasan, dan Kota Madiun dengan persentasenya adalah 100%.

#### 4.1.5 Persentase Kunjungan Ibu Hamil dengan K4 di Jawa Timur

Persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 juga diduga mempengaruhi jumlah kematian bayi dan ibu di Jawa Timur, berikut adalah persebaran persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 yang akan disajikan pada Gambar 4.5.

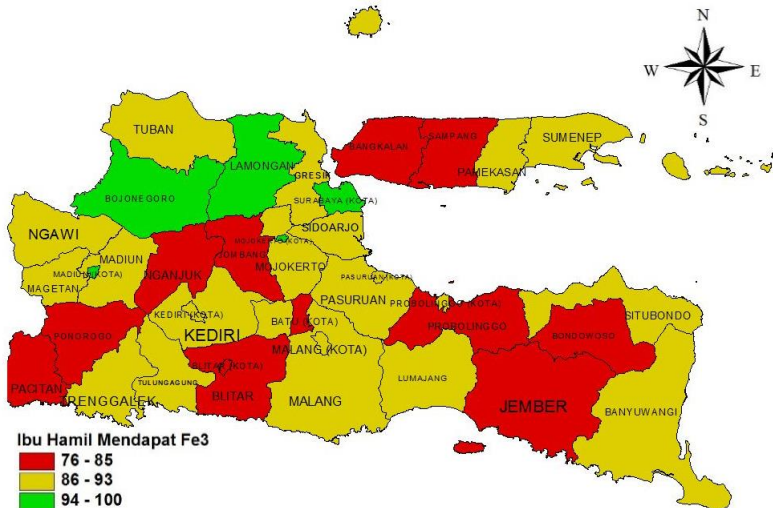


**Gambar 4.5** Persebaran Persentase Kunjungan Ibu Hamil dengan K4

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 masih belum merata. Wilayah dengan persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 terendah adalah Kabupaten Pacitan, Trenggalek, Ponorogo, Nganjuk, Ngawi, Blitar, Bangkalan, Sampang, Probolinggo, Jember, Bondowoso, Kota Blitar. Hal ini menunjukkan bahwa kurangnya kesadaran para ibu hamil untuk K4. Sedangkan wilayah dengan persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 tertinggi adalah Kabupaten Malang, Sidoarjo, Lamongan, Kota Surabaya, dan Kota Madiun. Hal ini menunjukkan bahwa ibu-ibu hamil di wilayah tersebut telah mengetahui pentingnya Kunjungan K4.

#### 4.1.6 Persentase Ibu Hamil Mendapat Tablet Fe3 di Jawa Timur

Salah satu faktor yang diduga mempengaruhi jumlah kematian bayi dan ibu adalah persentase ibu hamil mendapat tablet Fe<sub>3</sub>, beriku adalah persebaran persentase ibu hamil mendapat tablet Fe<sub>3</sub> yang akan disajikan pada Gambar 4.6.



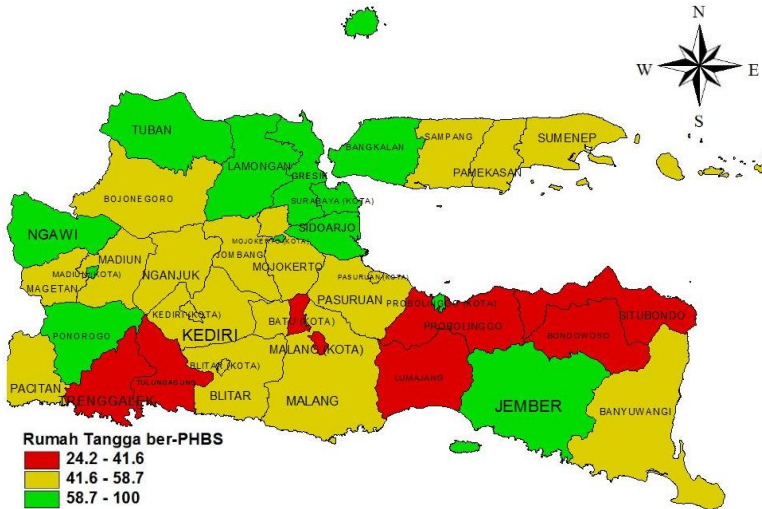
**Gambar 4.6** Persebaran Persentase Ibu Hamil Mendapatkan Fe<sub>3</sub>

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa persentase ibu hamil mendapatkan Fe<sub>3</sub> masih belum merata. Wilayah dengan persentase ibu hamil mendapatkan Fe<sub>3</sub> terendah adalah Kab Pacitan, Ponorogo, Blitar, Bangkalan, Probolinggo, Bondowoso, Sampang, Jombang, Nganjuk, Jember, dan Kota Blitar. Hal ini menunjukkan bahwa kurangnya kesadaran ibu hamil di wilayah tersebut untuk mendapatkan Fe<sub>3</sub>. Sedangkan persentase ibu hamil mendapatkan Fe<sub>3</sub> tertinggi adalah Kab. Bojonegoro, Lamongan, dan Kota Surabaya. Hal ini menunjukkan bahwa ibu-ibu hamil di wilayah tersebut telah mengetahui pentingnya mendapatkan Fe<sub>3</sub> untuk kehamilan.



#### 4.1.7 Persentase Rumah Tangga ber-PHBS di Jawa Timur

Persebaran persentase rumah tangga ber-PHBS disajikan pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Persebaran Persentase Rumah Tangga ber-PHBS

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat masih belum merata. Wilayah dengan persentase rumah tangga ber-phbs terendah adalah Kabupaten Trenggalek, Tulungagung, Lumajang, Probolinggo, Bondowoso, dan Situbondo. Hal ini menunjukkan bahwa di wilayah tersebut rumah tangganya masih belum menerapkan rumah tangga ber-phbs, padahal banyak sekali dampak yang ditimbulkan akibat tidak ber-phbs. Sedangkan wilayah dengan persentase rumah tangga ber-phbs tertinggi adalah Kabupaten Ponorogo, Ngawi, Tuban, Lamongan, Gresik, Sidoarjo, Bangkalan, Jember, dan Kota Sidoarjo.

## 4.2 Pemodelan Jumlah Kematian Bayi dan Ibu Menggunakan *Bivariate Generalized Poisson Regresion*

Sebelum melakukan pemodelan untuk kasus jumlah kematian bayi dan ibu menggunakan *bivariate generalized poisson regression*, terlebih dahulu dilakukan pengujian korelasi antar variabel respon, pengujian distribusi *bivariate generalized poisson regression* pada variabel respon, dan pemeriksaan multikolinearitas.

### 4.2.1 Uji Korelasi Antar Variabel Respon

Korelasi antar variabel merupakan asumsi dalam pemodelan regresi dengan dua variabel respon. Korelasi antar variabel menunjukkan bahwa jumlah kematian ibu memiliki korelasi dengan jumlah kematian bayi atau tidak dan korelasi dapat diperoleh dari persamaan 2.10 yaitu sebesar 0,7907. Berikut adalah hipotesis untuk uji korelasi antar variabel respon.

$H_0$  : tidak terdapat hubungan antara  $Y_1$  dengan  $Y_2$

$H_1$  : terdapat hubungan antara  $Y_1$  dengan  $Y_2$

Korelasi antara  $Y_1$  dan  $Y_2$  adalah 0,7907,  $n=38$  dengan statistik uji yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

$$t = \frac{0,7907\sqrt{38-2}}{\sqrt{1-(0,7907)^2}} = 7,7494$$

Nilai  $t_{hitung}$  yang diperoleh sebesar 7,7494 lebih besar jika dibandingkan dengan  $t_{(0,025;36)} = 2,028$  maka tolak  $H_0$  jadi kesimpulan yang dihasilkan adalah terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah kematian ibu dengan jumlah kematian bayi di Jawa Timur tahun 2017.

#### 4.2.2 Uji Distribusi Variabel Respon

Pada pengujian korelasi antar variabel diketahui bahwa terdapat hubungan antara jumlah kematian bayi dan ibu, maka selanjutnya dilakukan uji distribusi *bivariate generalized passion* pada variabel respon. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah variabel jumlah kematian bayi dan ibu mengikuti distribusi *bivariate generalized poisson* atau tidak menggunakan persamaan uji crocket dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$  : Variabel respon  $Y_1$  dan  $Y_2$  mengikuti *Bivariate Generalized Poisson*

$H_1$  : Variabel respon  $Y_1$  dan  $Y_2$  tidak mengikuti *Bivariate Generalized Poisson*

dengan menggunakan statistik uji pada persamaan *uji crocket* diperoleh nilai  $|Q_{hitung}|$  sebesar 1,0485, lebih kecil jika dibandingkan dengan  $\chi^2_{(0,05;2)} = 5,991$ , maka gagal tolak  $H_0$  jadi kesimpulan yang dihasilkan adalah jumlah kematian bayi dan ibu mengikuti distribusi *bivariate generalized poisson*.

#### 4.2.3 Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas dilakukan untuk menguji hubungan antar variabel independent yang diduga mempengaruhi jumlah kematian bayi dan ibu di Jawa Timur. Berikut adalah matriks korelasi yang digunakan untuk melihat kasus multikolinearitas.

**Tabel 4.2** Matriks Korelasi Antar Variabel

	X1	X2	X3	X4
X2	0,148			
X3	<b>0,714</b>	0,073		
X4	<b>0,739</b>	0,190	<b>0,808</b>	
X5	0,146	-0,111	0,227	0,198

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa korelasi antar variabel yang digunakan berkisar antara 0,073 hingga 0,8. Nilai korelasi yang

terbesar adalah korelasi antara  $X_3$  dan  $X_4$  sebesar 0,808, kemudian  $X_1$  dan  $X_4$  sebesar 0,739, dapat diketahui bahwa keduanya memiliki korelasi yang cukup tinggi sehingga dapat mengakibatkan terjadinya perubahan tanda hasil estimasi yang diperoleh. Kriteria lain yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya kasus multikolinearitas adalah nilai VIF, apabila nilai VIF  $> 10$  maka dapat disimpulkan terdapat kasus multikonearitas. Berikut adalah nilai VIF dari variabel prediktor.

**Tabel 4.3** Nilai VIF Variabel Prediktor

Variabel	VIF
$X_1$	2,42
$X_2$	1,08
$X_3$	3,25
$X_4$	3,53
$X_5$	1,08

Dari Tabel 4.3 diketahui bahwa nilai VIF seluruh variabel prediktor memiliki nilai kurang dari 10, sehingga dapat disimpulkan antar variabel prediktor tidak saling berkorelasi yang artinya tidak terdapat kasus multikolinearitas pada variabel prediktor yang digunakan.

#### 4.2.4 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan untuk melihat kombinasi dari model mana yang memiliki nilai terbaik berdasarkan kriteria AICc. Kombinasi variabel untuk model yang mungkin terjadi adalah sebanyak 31 model, kemudian dipilih model terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil dari semua model yang mungkin terjadi. Nilai AIC yang akan dibandingkan adalah nilai AIC dari model yang signifikan pada pengujian serentak. Nilai AICc untuk model yang signifikan ditunjukkan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Perbandingan Model Terbaik dengan Nilai AICc

Variabel prediktor model	AICc	Variabel prediktor model	AICc
X <sub>1</sub>	438,369	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>5</sub>	428,978
X <sub>2</sub>	438,01	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub>	424,391
X <sub>5</sub>	437,363	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub> X <sub>5</sub>	423,528
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	434,013	X <sub>1</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	426,327
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	428,403	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub>	419,919
X <sub>1</sub> X <sub>4</sub>	431,589	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>5</sub>	419,308
X <sub>1</sub> X <sub>5</sub>	433,3	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	421,763
X <sub>2</sub> X <sub>5</sub>	433,012	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	419,457
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	424,053	<b>X<sub>1</sub> X<sub>2</sub> X<sub>3</sub> X<sub>4</sub> X<sub>5</sub></b>	<b>415,124</b>
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>4</sub>	427,045		

Tabel 4.4 menunjukkan nilai AICc dari masing-masing model yang mungkin untuk model *Bivariate Generalized Poisson Regression* pada kasus kematian bayi dan ibu di Jawa Timur. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa model yang memiliki nilai AICc terkecil yaitu model dengan variabel prediktor X<sub>1</sub> X<sub>2</sub> X<sub>3</sub> X<sub>4</sub> X<sub>5</sub> sehingga model terbaik yang digunakan analisis dengan metode *Bivariate Generalized Poisson Regression* adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase kunjungan ibu hamil dengan k4, persentase ibu hamil mendapat tablet Fe3, persentase rumah tangga ber-PHBS.

#### 4.2.5 Pengujian Parameter Model BGPR

*Bivariate Generalized Poisson Regression* (BGPR) merupakan metode regresi yang digunakan untuk data yang saling berkorelasi serta memiliki kasus under/overdispersi. Berdasarkan bab 4.1 dan subbab 4.2.1 diketahui bahwa data jumlah kasus kematian bayi dan ibu saling berhubungan dan terdapat kasus overdispersi, sehingga dilakukan analisis ke pemodelan *Bivariate Generalized Poisson Regression*. Sebelum melakukan pemodelan BGPR, terlebih dahulu dilakukan penaksiran parameter, pengujian secara serentak dan pengujian secara parsial. Hasil estimasi parameter

model *Bivariate Generalized Poisson Regression* disajikan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Estimasi Parameter Model BGPR

Parameter	Koefisien	Std. Error	Zhitung	Pvalue
$\beta_{10}$	3,7236	1,2374	3,0092	0,0026
$\beta_{11}$	0,052	0,0180	2,8889	0,0039
$\beta_{12}$	0,0061	0,0030	2,0333	0,0420
$\beta_{13}$	-0,0369	0,0056	-6,5893	0,0000
$\beta_{14}$	-0,0168	0,0080	-2,0741	0,0381
$\beta_{15}$	0,0045	0,0022	2,0455	0,0408
$\beta_{20}$	1,6155	1,1618	1,3905	0,1644
$\beta_{21}$	0,0392	0,0175	2,2400	0,0251
$\beta_{22}$	0,0051	0,0058	0,8793	0,3792
$\beta_{23}$	-0,0176	0,0163	-1,0798	0,2802
$\beta_{24}$	-0,024	0,0159	-1,5094	0,1312
$\beta_{25}$	0,01	0,0030	3,3333	0,0009

Selanjutnya melakukan pengujian secara serentak pada model BGPR yang bertujuan untuk mengetahui apakah variabel predictor secara serentak berpengaruh signifikan terhadap model. Berikut adalah hipotesis yang digunakan pada pengujian parameter BGPR secara serentak.

$$H_0 : \beta_{j1} = \beta_{j2} = \dots = \beta_{j5} = 0 \text{ dan } \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_{jl} \neq 0 \text{ dan } \alpha_j \neq 0 \text{ } j = 1, 2;$$

$$l = 1, 2, \dots, 5$$

Hasil perhitungan diketahui bahwa nilai devians sebesar 4028,258 dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% diketahui bahwa nilai  $\chi^2_{(10;0,05)} = 18,307$  sehingga diputuskan tolak  $H_0$  karena nilai devians lebih besar dari  $\chi^2_{(10;0,05)}$ . Hal ini menunjukkan bahwa

minimal ada satu variabel predictor yang signifikan terhadap model atau minimal ada satu variabel predictor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus kematian bayi dan ibu di Jawa Timur tahun 2017. Setelah pengujian serentak dilakukan, maka selanjutnya dilakukan uji parsial. Uji parsial bertujuan untuk mengetahui variabel prediktor mana saja yang signifikan terhadap model BGPR untuk jumlah kasus kematian bayi dan ibu di Jawa Timur. Pada uji parsial hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_{jk} \neq 0 ; j = 1, 2 \text{ dan } k = 1, 2, \dots, 5$$

Pengujian ini menggunakan statistik uji pada persamaan 2.20 yang kemudian dibandingkan dengan nilai  $Z_{\alpha/2}$ .

Menggunakan taraf signifikan 95% diperoleh nilai  $Z_{0,05/2} = 1,96$ .

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui bahwa variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi di Jawa Timur yaitu persentase persalinan oleh tenaga kesehatan ( $X_1$ ), persentase komplikasi kebidanan yang ditangani ( $X_2$ ), persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 ( $X_3$ ), persentase ibu hamil mendapat tablet Fe3 ( $X_4$ ), dan persentase rumah tangga ber-PHBS ( $X_5$ ), sedangkan variabel prediktor yang berpengaruh untuk kasus kematian ibu di Jawa Timur adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan ( $X_1$ ), persentase rumah tangga ber-PHBS ( $X_5$ ).

#### 4.2.6 Pemodelan Jumlah Kematian Bayi dan Ibu

Pemodelan yang diperoleh untuk jumlah kasus kematian bayi di Jawa Timur dengan metode *Bivariate Generalized Poisson Regression* adalah sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\lambda}_1) = 3,7236 + 0,052X_1 + 0,0061X_2 - 0,0369X_3 - \\ 0,0168X_4 + 0,0045X_5$$

Model tersebut menggambarkan bahwa setiap pertambahan persentase persalinan oleh tenaga kesehatan ( $X_1$ ) sebesar 1%, maka rata-rata jumlah kematian bayi akan mengalami

peningkatan sebesar  $\exp(0,052) = 1,0533$  kali dengan syarat variabel lain konstan. Setiap penambahan persentase komplikasi kebidanan yang ditangani ( $X_2$ ) sebesar 1% maka rata-rata jumlah kematian bayi akan mengalami peningkatan sebesar  $\exp(0,0061) = 1,006$  kali dengan syarat variabel lain konstan. Selanjutnya semakin meningkatnya persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 ( $X_3$ ) sebesar 1% maka rata-rata jumlah kematian bayi akan mengalami penurunan sebesar  $\exp(0,0369) = 1,0375$  kali dengan syarat variabel lain konstan. Setiap penambahan persentase ibu hamil mendapat Fe3 ( $X_4$ ) sebesar 1% maka rata-rata jumlah kematian bayi akan mengalami penurunan sebesar  $\exp(0,0168) = 1,0169$  kali dengan syarat variabel lain konstan. Sementara setiap penambahan persentase rumah tangga ber-PHBS ( $X_5$ ) sebesar 1% maka rata-rata jumlah kematian bayi akan mengalami peningkatan sebesar  $\exp(0,0045) = 1,0045$  kali dengan syarat variabel lain konstan.

Berdasarkan model BGPR yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, dan persentase rumah tangga ber-PHBS akan meningkatkan jumlah kematian bayi. Hal ini tidak sesuai dengan teori kesehatan, karena variabel tersebut seharusnya diduga dapat menurunkan angka kematian bayi, untuk itu perlu diperhatikan dalam rangka menurunkan angka kematian bayi maupun ibu meskipun berdasarkan model yang dihasilkan tidak sesuai dengan teori kesehatan. Pola hubungan dengan menggunakan *scatterplot* ditunjukkan pada *Lampiran 14*.

Model yang diperoleh dari metode *Bivariate Generalized Poisson Regression* untuk jumlah kasus kematian ibu di Jawa Timur adalah sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\lambda}_2) = 1,6155 + 0,00392X_1 + 0,0051X_2 - 0,0176X_3 - \\ 0,024X_4 + 0,01X_5$$

Model tersebut menggambarkan bahwa setiap penambahan persentase persalinan tenaga kesehatan ( $X_1$ ) sebesar 1%, maka



rata-rata jumlah kematian ibu akan mengalami peningkatan sebesar  $\exp(0,00392) = 1,0039$  kali dengan syarat variabel lain konstan. Setiap penambahan persentase komplikasi kebidanan yang ditangani ( $X_2$ ) sebesar 1% maka rata-rata jumlah kematian ibu akan mengalami peningkatan sebesar  $\exp(0,0051) = 1,0051$  kali dengan syarat variabel lain konstan. Selanjutnya semakin meningkatnya persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 ( $X_3$ ) sebesar 1% maka rata-rata jumlah kematian ibu akan mengalami penurunan sebesar  $\exp(0,0176) = 1,0177$  kali dengan syarat variabel lain konstan. Setiap penambahan persentase ibu hamil mendapat Fe3 ( $X_4$ ) sebesar 1% maka rata-rata jumlah kematian ibu akan mengalami penurunan sebesar  $\exp(0,024) = 1,0249$  kali dengan syarat variabel lain konstan. Sementara setiap penambahan persentase rumah tangga ber-PHBS ( $X_5$ ) sebesar 1% maka rata-rata jumlah kematian ibu akan mengalami peningkatan sebesar  $\exp(0,01) = 1,01005$  kali dengan syarat variabel lain konstan.

Berdasarkan model yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, dan persentase rumah tangga ber-PHBS akan meningkatkan jumlah kematian bayi. Hal ini tidak sesuai dengan teori kesehatan, karena variabel tersebut seharusnya diduga dapat menurunkan angka kematian bayi, untuk itu perlu diperhatikan dalam rangka menurunkan angka kematian bayi maupun ibu meskipun berdasarkan model yang dihasilkan tidak sesuai dengan teori kesehatan. Pola hubungan dengan menggunakan *scatterplot* ditunjukkan pada *Lampiran 15*.

Hasil koefisien korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 ( $X_3$ ) dengan persentase ibu hamil mendapat tablet Fe3 ( $X_4$ ), dan persentase persalinan oleh tenaga kesehatan ( $X_1$ ) dengan persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 ( $X_3$ ). Korelasi yang tinggi juga terjadi pada persentase kunjungan ibu hamil dengan K4 dan persentase ibu hamil mendapat tablet Fe3, sehingga hal itu menyebabkan perbedaan tanda pada model BGPR.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Terdapat total 4059 kematian bayi dan 529 kematian ibu. Jumlah kematian bayi tertinggi yaitu sebanyak 223 jiwa terdapat di Kabupaten Jember. Jumlah kematian ibu tertinggi yaitu sebanyak 49 jiwa terdapat di Kabupaten Jember. Nilai ini masih cukup tinggi dan perlu menjadi perhatian khusus bagi pemerintah terutama Kabupaten Jember.
2. Model Terbaik yang diperoleh adalah model yang melibatkan semua variabel prediktor pada pemodelan BGPR dengan nilai AICc sebesar 415,124. Berdasarkan hasil analisis pada model terbaik diperoleh bahwa variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi di Jawa Timur yaitu persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase komplikasi kebidanan yang ditangani, persentase kunjungan ibu hamil dengan K4, persentase ibu hamil mendapat tablet Fe<sub>3</sub>, sedangkan variabel predictor yang berpengaruh untuk kasus kematian ibu di Jawa Timur adalah persentase persalinan oleh tenaga kesehatan, persentase rumah tangga ber-PHBS.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan, maka saran yang dapat diberikan kepada pihak Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur yaitu Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur dapat bekerja dengan puskesmas, bidan maupun rumah sakit di wilayah tersebut untuk menghimbau masyarakat agar lebih memperhatikan kondisi kehamilan sebelum maupun sesudah melahirkan dengan cara melaksanakan program K4 dimana dalam program tersebut telah dilengkapi fasilitas yang memadai sehingga dapat memantau kondisi kesehatan ibu dan janin di dalam kandungan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis*. New York: A John Wiley & Sons, Inc, Publication.
- Arkandi, I. (2015). *Analisis Faktor Risiko Kematian Ibu dan Kematian Bayi dengan Pendekatan Regresi Poisson Bivariat di Provinsi Jawa Timur Tahun 2013*. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol 4 No 2, 139-144
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. USA: Cambridge University Press.
- Depkes. (2014). *Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI*. Retrieved from <http://www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/infodatin/infodatin-ibu.pdf>
- Draper, N., & Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan*. (B. Sumantri, Trans.) Jakarta: Gramedia.
- Ermalena, M. (2017). *Indikator Kesehatan SDGs di Indonesia*. Retrieved from <http://ictoh-tcscindonesia.com/wp-content/uploads/2017/05/Dra.-Ermalena-INDIKATOR-KESEHATAN-SDGs-DI-INDONESIA.pdf>
- Hu, S. (2007). *Akaike Information Criterion*. Raleigh, NC: Center for Research in Scientific Computation.
- Johnson, R., & Wichern, D. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis (Vol. 6)*. NJ : Prentice Hall.
- Karlis, D., & Ntzoufras, I. (2005). Bivariate Poisson Regression Models in R. *Journal of Statistical Software*, Vol 14, 1-36.
- Kemenkes. (2018). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur tahun 2017*. Jakarta: Kemenkes RI. Retrieved from Profile Kesehatan Provinsi Jawa Timur 2017.
- Kemenkes. (2018). *Profile Kesehatan Indonesia 2017*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Myers, R. (1990). *Classical and Modern Regression with Applications*. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- Perdana, D. (2018). *Angka Kematian Bayi di JATIM Tinggi*. Retrieved from <http://kelanikota.suarasurabaya.net/news/>

- 2018/207469-Angka-Kematian-Bayi-di-Jatim-Tinggi,-Tim-Spesialis-Singapura-Turun-Tangan
- Prahotama, A. (2017). *Analisis Faktor yang Mempengaruhi Angka Kematian Bayi di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Generalized Poisson dan Binomial Negatif*. Semarang: Universitas Muhammadiyah.
- Prasetyo, D. B. (2018). *Angka Kematian Ibu dan Bayi di Jember Masih Tinggi*. Retrieved from <https://www.timesindonesia.co.id/read/185233/20181008/202427/angka-kematian-ibu-dan-bayi-di-jember-masih-tinggi/>
- Putri, M. P., & Puhadi. (2017). *Analisis Faktor yang Berpengaruh Terhadap Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi di Provinsi Jawa Tengah dengan Bivariat Generalized Poisson Regression*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rachmah, N. F., & Puhadi. (2014). *Pemodelan Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Bayi di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Bivariate Poisson Regression*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Setiawan, D. I. (2017). *Penaksiran Parameter dan Pengujian Hipotesis Pada Geographically Weighted Bivariate Generalized Poisson Regression (Studi Kasus : Kematian Bayi dan ibu di Provinsi Jawa Timur tahun 2013)*. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Setiawan, K. (2015). *Pemetaan Data Monografi Kecamatan Pringsewu Tahun 2014*. Lampung: Universitas Lampung.
- Suryani, L. E., & Puhadi. (2017). *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kematian Bayi dan Ibu di Jawa Timur dengan Metode Geographically Weighted Bivariate Generalized Poisson Regression*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Vernic, R. (1997). On The Bivariate Generalized Poisson Distribution. *The Journal of The IAA*, 27(01), 23-32.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistik Edisi 3 Alih Bahasa : Bambang Sumantri*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1** Data Penelitian Jumlah Kematian Bayi dan Ibu

No	Kab/Kota	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
1	Kab. Pacitan	65	7	82.4	100	82.2	80.58	45.7
2	Kab. Ponorogo	151	18	89.4	100	83.2	76.32	65
3	Kab. Trenggalek	53	9	90.9	97.41	85.4	86.1	39.1
4	Kab. Tulungagung	111	17	91	89.53	90.3	90.11	41.6
5	Kab. Blitar	141	8	86.3	97.43	84	84.12	49.2
6	Kab. Kediri	155	15	94.5	91.82	92.9	91.87	54.6
7	Kab. Malang	64	18	97.5	87.58	95.7	93	51.6
8	Kab. Lumajang	135	10	99.5	100	91.5	91.58	31.8
9	Kab. Jember	223	49	91.2	100	81.1	83.94	67.8
10	Kab. Banyuwangi	111	19	96.1	88.44	91.9	93.13	46.6
11	Kab. Bondowoso	140	15	91.7	100	82.3	82.9	34.6
12	Kab. Situbondo	145	10	95.4	100	88	90.61	26.1
13	Kab. Probolinggo	190	14	95.7	100	85.3	83.42	24.2
14	Kab. Pasuruan	168	21	97.5	94.37	92.1	90.97	47.3
15	Kab. Sidoarjo	198	30	98.5	84.34	99.6	90.77	66.5
16	Kab. Mojokerto	147	29	94.2	100	88.7	86.21	52.3
17	Kab. Jombang	159	28	91.8	98.33	88.9	85.19	58.7
18	Kab. Nganjuk	147	13	88.9	78.25	79.9	81.32	47.2
19	Kab. Madiun	59	14	91.5	91.13	90.4	89.17	50.3
20	Kab. Magetan	85	8	96.1	100	92.7	91.04	46.9
21	Kab. Ngawi	104	8	91	100	86.3	86.27	100
22	Kab. Bojonegoro	154	17	99.6	99.77	88.1	100	56.8
23	Kab. Tuban	109	10	96.9	88.75	93.9	93.1	79
24	Kab. Lamongan	86	13	100	89.95	95.8	95.76	73.7
25	Kab. Gresik	109	19	90.8	85.64	86.7	87.41	67.2
26	Kab. Bangkalan	129	17	90.1	65.24	77.6	76.82	62.4
27	Kab. Sampang	137	14	98.5	97.76	84.9	85.38	58.2
28	Kab. Pamekasan	52	8	98.2	100	89.3	89.48	57.1
29	Kab. Sumenep	33	8	97	97.76	90.9	86.74	58.4

**Lampiran 1** Data Penelitian Jumlah Kematian Bayi dan Ibu (Lanjutan)

30	Kota Kediri	27	4	94.7	99.94	92	90.63	50.5
31	Kota Blitar	22	0	88.4	85.95	83.8	84.99	45.2
32	Kota Malang	76	14	91.6	93.18	90	86.31	41.4
33	Kota Probolinggo	88	4	96.1	81.38	92.9	88.38	68.6
34	Kota Pasuruan	14	4	92.7	79.83	90.3	90.28	50.4
35	Kota Mojokerto	8	0	98	100	98.2	98.18	63.6
36	Kota Madiun	19	0	100	98.67	99.6	99.56	64.9
37	Kota Surabaya	219	34	97.6	91.68	98.5	95.81	72.6
38	Kota Batu	26	3	92.3	83.62	89.9	80.53	34.1

## Keterangan:

$Y_1$  Jumlah Kematian Bayi

$Y_2$  Jumlah Kematian Ibu

$X_1$  Persentase Persalinan Oleh Tenaga Kesehatan

$X_2$  Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditangani

$X_3$  Persentase Kunjungan Ibu Hamil dengan K4

$X_4$  Persentase Ibu Hamil Mendapat Tablet Fe3

$X_5$  Persentase Rumah Tangga ber-PHBS

### Lampiran 2 Statistika Deskriptif

<b>Descriptive Statistics: Y1, Y2, X1, X2, X3, X4, X5 Statistics</b>				
Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Y1	106.82	3489.45	8.00	223.00
Y2	13.92	102.02	0.00	49.00
X1	94.042	17.335	82.400	100.000
X2	93.10	67.25	65.24	100.00
X3	89.337	29.962	77.600	99.600
X4	88.368	32.138	76.320	100.000
X5	53.98	231.57	24.20	100.00

### Lampiran 3 Korelasi Pearson Antar Variabel

<b>Correlation: Y1, Y2, X1, X2, X3, X4, X5 Correlations</b>						
	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4
Y2	0.791					
	0.000					
X1	0.036	0.022				
	0.830	0.895				
X2	0.078	0.026	0.148			
	0.643	0.879	0.374			
X3	-0.200	-0.084	0.714	0.073		
	0.228	0.615	0.000	0.664		
X4	-0.144	-0.088	0.739	0.190	0.808	
	0.387	0.600	0.000	0.254	0.000	
X5	0.061	0.183	0.146	-0.111	0.227	0.198
	0.716	0.272	0.380	0.507	0.171	0.233



**Lampiran 4** Nilai VIF untuk  $X_1$ 

<b>Regression Analysis: X1 versus X2, X3, X4, X5</b>				
<b>Model Summary</b>				
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
2.83405	58.68%	53.67%	44.62%	
<b>Coefficients</b>				
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	39.50	9.03	4.37	0.000
X2	0.0178	0.0590	0.30	0.765
X3	0.266	0.147	1.81	0.079
X4	0.333	0.143	2.32	0.026
X5	-0.0051	0.0318	-0.16	0.874
VIF untuk $X_1 = 1/(1 - R_{x_1}^2) = 1/(1 - 58,68\%) = 2,4206$				

**Lampiran 5** Nilai VIF untuk  $X_2$ 

<b>Regression Analysis: X2 versus X1, X3, X4, X5</b>				
<b>Model Summary</b>				
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
8.34773	7.58%	0.00%	0.00%	
<b>Coefficients</b>				
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	69.4	31.2	2.22	0.033
X1	0.154	0.512	0.30	0.765
X3	-0.347	0.449	-0.77	0.445
X4	0.501	0.447	1.12	0.271
X5	-0.0747	0.0927	-0.81	0.426
VIF untuk $X_2 = 1/(1 - R_{x_2}^2) = 1/(1 - 7,58\%) = 1,082$				

**Lampiran 6** Nilai VIF untuk  $X_3$ 

<b>Regression Analysis: X3 versus X1, X2, X4, X5</b>				
<b>Model Summary</b>				
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
3.21020	69.32%	65.61%	54.72%	
<b>Coefficients</b>				
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	8.1	12.8	0.63	0.532
X1	0.341	0.188	1.81	0.079
X2	-0.0513	0.0663	-0.77	0.445
X4	0.598	0.141	4.25	0.000
X5	0.0206	0.0358	0.58	0.568
VIF untuk $X_3 = 1/(1 - R_{x_3}^2) = 1/(1 - 69,32\%) = 3,2531$				

**Lampiran 7** Nilai VIF untuk  $X_4$ 

<b>Regression Analysis: X4 versus X1, X2, X3, X5</b>				
<b>Model Summary</b>				
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
3.19098	71.74%	68.32%	61.97%	
<b>Coefficients</b>				
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-11.7	12.6	-0.93	0.361
X1	0.422	0.182	2.32	0.026
X2	0.0732	0.0653	1.12	0.271
X3	0.591	0.139	4.25	0.000
X5	0.0130	0.0357	0.37	0.717
VIF untuk $X_4 = 1/(1 - R_{x_4}^2) = 1/(1 - 71,74\%) = 3,531$				

**Lampiran 8** Nilai VIF untuk  $X_5$ **Regression Analysis: X5 versus X1, X2, X3, X4  
Model Summary**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
15.5268	7.15%	0.00%	0.00%

**Coefficients**

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	22.0	62.1	0.35	0.725
X1	-0.153	0.953	-0.16	0.874
X2	-0.258	0.321	-0.81	0.426
X3	0.483	0.838	0.58	0.568
X4	0.309	0.845	0.37	0.717

$$\text{VIF untuk } X_5 = 1/(1 - R_{x_5}^2) = 1/(1 - 7,15\%) = 1,0769$$

**Lampiran 9** Syntax R untuk Uji *Bivariate Generalized Poisson*

```

ujicroc=function(data)
{
y1=as.matrix(data[,1])
y2=as.matrix(data[,2])
n=length(y1)
n1=2
y1bar=mean(y1)
y2bar=mean(y2)
vary1=var(y1)
vary2=var(y2)
covy1y2=cov(y1,y2)
z1=vary1-y1bar
z2=vary2-y2bar
z=matrix(c(z1,z2),ncol=1,nrow=2)
miu1=(vary1)^2
miu2=(vary2)^2
miu12=(covy1y2)^2

v1=matrix(c(miu1,miu12,miu12,miu2),ncol=2,nrow=2)
v2=(2/n1)*v1
v=solve(v2)
T=round(t(z)%*%v%*%z,4)
return(T)
}

```

**Lampiran 10** Output R untuk Uji *Bivariate Generalized Poisson*

```

>data=as.matrix(read.csv("E://TA TERBARU/DataTA.csv",
      header=TRUE))
> source("E://TA TERBARU/ujicrocket/ujibgp.R")
> ujicrocket=ujicroc(data)
> ujicrocket
      [,1]
[1,] 1.0485

```

**Lampiran 11** Syntax R untuk Pemodelan BGPR

```

#Syntax BGPR
BGPR=function(data,alfa0,maxit,epsilon,print.info)
{
  library(pracma)
  library(MASS)

  n=nrow(data)
  y1=as.matrix((data[,1]))
  y2=as.matrix((data[,2]))
  x=data[,-c(1,2)]

  #Inisialisasi Parameter dari Poisson Regression
  f1=glm(formula=y1~x,family=quasipoisson(link=log))
  f2=glm(formula=y2~x,family=quasipoisson(link=log))
  beta10=f1$coefficients
  beta20=f2$coefficients
  x=as.matrix(cbind(rep(1,n),x))
  p=ncol(x)
  miu10=exp((x)%*%beta10)
  miu20=exp((x)%*%beta20)
  alfa1=summary(f1)$dispersion
  alfa2=summary(f2)$dispersion
  alfa012=as.matrix(c(alfa1,alfa2,alfa0))

  #miu11=sum((y1-mean(y1))*(y2-mean(y2)))/n
  #miu21=sum(((y1-mean(y1))^2)*(y2-mean(y2)))/n
  #a=miu21/miu11
  #M3=(1+sqrt(1+(3*a)))/3
  #miu0=miu11/(M3^3)
  miu0=cov(y1,y2)

  rownames(alfa012)<-c('alfa1', 'alfa2','alfa0')
  start=as.matrix(c(beta10,beta20,miu0,alfa012))

```

**Lampiran 11** Syntax R untuk Pemodelan BGPR (Lanjutan)

```

Q_BGPR=function(par)
{
  beta1 = as.matrix(par[1:p])
  beta2 = as.matrix(par[(p+1):(2*p)])
  miu0 = par[2*p+1]
  miu1 = exp((x)%**beta1)
  miu2 = exp((x)%**beta2)
  alfa0 = par[2*p+2];
  alfa1 = par[2*p+3]
  alfa2 = par[2*p+4]
  A=matrix(nrow=n,ncol=1)
  for (i in 1:n)
  {
    A1=log(miu0*miu1[i]*miu2[i])+((-miu0+miu1[i]+miu2[i]-
(y1[i]*alfa1)-(y2[i]*alfa2)))
    kk=min(y1[i],y2[i])
    B4=matrix(ncol=1,nrow=kk+1)
    for (k in 0:kk)
    {
      B1=(lfactorial(y1[i]-k))+log((factorial(y2[i]-k))*(factorial(k)))
      B2=((y1[i]-k-1)*log(miu1[i]+(y1[i]-k)*alfa1))+((y2[i]-k-
1)*log(miu2[i]+(y2[i]-k)*alfa2))
      B3=((k-1)*log(miu0+k*alfa0))+((k*(alfa1+alfa2-alfa0)))
      B4[k+1]=(B2+B3)-B1
    }
    A[i]=A1+sum(B4)
  }
  Q=sum(A);#print(A)
  return(Q)
}

```

### Lampiran 11 Syntax R untuk Pemodelan BGPR (Lanjutan)

#### #Syntax Tampilan 1

```
Koefisien = matrix(0,ncol=1,nrow=2*p+4)
Std.Error = matrix(0,ncol=1,nrow=2*p+4)
Z.Value = matrix(0,ncol=1,nrow=2*p+4)
P.Value = matrix(0,ncol=1,nrow=2*p+4)
UjiSerentak = data.frame(matrix(0,ncol=1,nrow=9))
```

#### #Optimasi

```
fit = optim(par=start,fn=Q_BGPR,method="Nelder-
Mead",control=list(maxit=maxit,fnscale=-
1,trace=0,REPORT=0,reltol=epsilon,abstol=epsilon),hessian=T)
```

#### #Menggambil nilai-nilai hasil optimasi

```
Koefisien = fit$par
hess = fit$hessian
n.iteration = fit$counts[1]
convergence = ifelse(fit$convergence==0,"Converged","Not-
Converged")
```

#### #Uji parsial koefisien

```
inv.hess = diag(pinv(-hess))
Std.Error = round(as.matrix(sqrt(abs(inv.hess))),5)
Z.Value = round(Koefisien/Std.Error,5)
P.Value = round(2*pnorm(abs(Z.Value),lower.tail=FALSE),5)
```

#### #Syntax Tampilan 2

```
rownames(Koefisien) = c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""),"Lamda0",paste("Alfa",c(0:2),sep=""))
rownames(Std.Error) = c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""),"Lamda0",paste("Alfa",c(0:2),sep=""))
rownames(Z.Value) = c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""),"Lamda0",paste("Alfa",c(0:2),sep=""))
rownames(P.Value) = c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""),"Lamda0",paste("Alfa",c(0:2),sep=""))
```

**Lampiran 11** Syntax R untuk Pemodelan BGPR (Lanjutan)

```

#Uji serentak dg  $G^2$ 
par0 = as.matrix(rep(0,length(start)));
par0[c(1,(p+1),(2*p+1):(2*p+4))] =
Koefisien[c(1,(p+1),(2*p+1):(2*p+4))]
ln.H1 = round(fit$value,3)
ln.H0 = round(Q_BGPR(par0),3)
G2 = round(-2*(ln.H0-ln.H1),5)
v = 2*(p-2)
pvalF = round(pchisq((G2),v,lower.tail=FALSE),5)

#Estimasi Y-hat BGPR
y1hat=round(exp(x%%as.matrix(Koefisien[1:p])))
y2hat=round(exp(x%%as.matrix(Koefisien[(p+1):(2*p)])))

#Estimasi regresi (untuk pembanding hasil)
beta1.reg = as.matrix(lm(y1~x-1)$coef)
beta2.reg = as.matrix(lm(y2~x-1)$coef)
Y1.Reg = as.matrix(x)%%beta1.reg
Y2.Reg = as.matrix(x)%%beta2.reg

#AIC
error1 = as.matrix(y1-y1hat)
error2 = as.matrix(y2-y2hat)
E = cbind(error1,error2)
Sigma.d = (t(E)%%E)/n
detD = det(Sigma.d)
aic = round((n*detD)-(2*2*p),3)

```



**Lampiran 11** Syntax R untuk Pemodelan BGPR (Lanjutan)

```

#Syntax Tampilan 3
UjiSerentak      =
rbind(n.iteration,convergence,ln.H1,ln.H0,G2,pvalF,aic)
  rownames(UjiSerentak) = c("Number of
Iteration","Converged/Not","ln.H1","ln.H0","G^2","P.Value of
F","AIC BGPR")
  colnames(UjiSerentak) = "Values"
  UjiSerentak      = noquote(UjiSerentak)

Hasil=data.frame(cbind(y1,round(Y1.Reg),round(miu10),round(y1
hat),rep("|",nrow(x)),y2,round(Y2.Reg),round(miu20),round(y2hat)
))
  colnames(Hasil)=c("Y1","Y1.Reg","Y1.Pois-
Reg","Y1.BGPR","|","Y2","Y2.Reg","Y2.Pois-Reg","Y2.BGPR")

UjiParsial=data.frame(cbind(Koefisien,Std.Error,Z.Value,P.Value),
row.names = NULL)
  colnames(UjiParsial)=c('Koefisien','Std.Error','Z.Value','P.Value')
  rownames(UjiParsial)=c(paste("Beta1",c(0:(p-
1)),sep=""),paste("Beta2",c(0:(p-
1)),sep=""),"Lamda0",paste("Alfa",c(0:2),sep=""))
  if (print.info==T)
  {

```

### Lampiran 11 Syntax R untuk Pemodelan BGPR (Lanjutan)

```

cat(' ', '\n')
cat(' ', '\n')
cat('***** Bivariate Generalized Poisson Regression
*****', '\n')
cat(' ', '\n')
cat('_____
_____ ', '\n')
cat(' Hasil Penghitungan Y.hat BGPR ', '\n')

cat('_____
_____ ', '\n')
print(Hasil)
cat(' ', '\n')

cat('_____
_____ ', '\n')
cat(' Hasil Uji Parsial BGPR ', '\n')

cat('_____
_____ ', '\n')
print(UjiParsial)
cat(' ', '\n')

cat('_____
_____ ', '\n')
cat(' Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR ', '\n')

cat('_____
_____ ', '\n')
print(UjiSerentak)
}

list(Y1.hat=y1hat,Y2.hat=y2hat,Hasil=Hasil,Koefisien=Koefisien,S
td.Error=Std.Error,Z.Value=Z.Value,P.Value=P.Value,UjiSerentak
=UjiSerentak,AIC=aic,Error1=error1,Error2=error2)
}

```

**Lampiran 12** Langkah Menjalankan Syntax

```
#Load data
data = as.matrix(read.csv("E://TA TERBARU/
DataTA.csv",header=TRUE))
data = data #Hapus Variabel (pada urutan ke-... dari data),
jgn di running jika tidak ada yg dihapus
data
#Load Sintax
source("E://BGPR.R")

#Parameter Iterasi
alfa0=15; maxit=1000; epsilon=0.01;

#Running BGPR
Hasil_BGPR=BGPR(data,alfa0,maxit,epsilon)
```

### Lampiran 13 Output R untuk Pemodelan BGPR

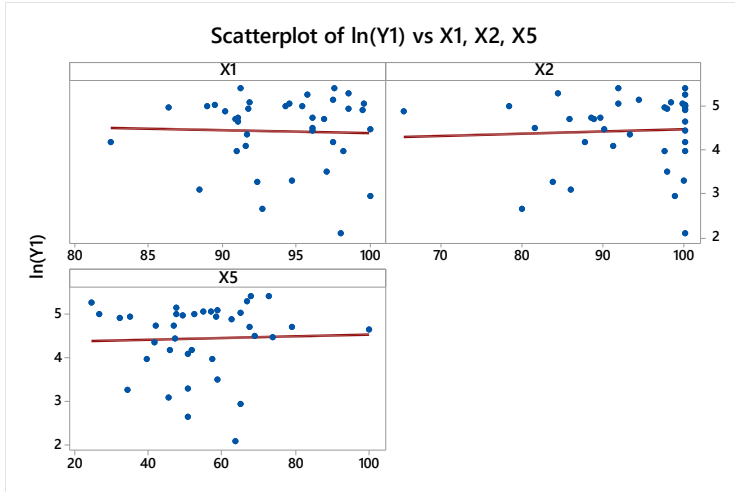
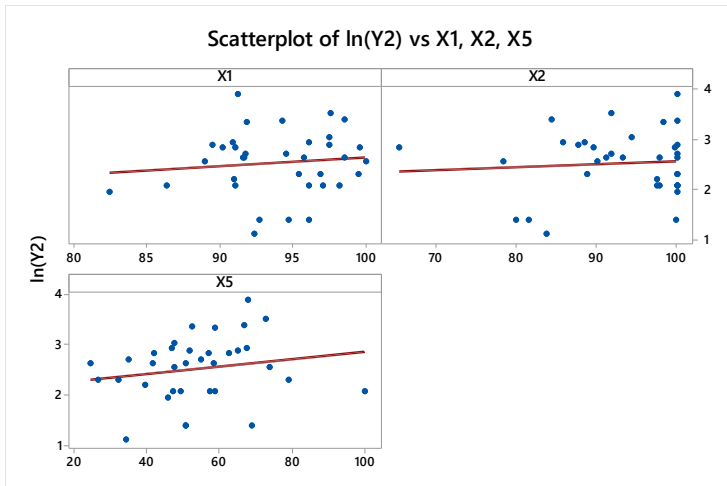
\*\*\*\*\* Bivariate Generalized Poisson Regression \*\*\*\*\*

#### Hasil Uji Parsial BGPR

	Koefisien	Std.Error	Z.Value	P.Value
Beta10	3.7236	1.2374	3.0092	0.0026
Beta11	0.0520	0.0180	2.8889	0.0039
Beta12	0.0061	0.0030	2.0333	0.0420
Beta13	-0.0369	0.0056	-6.5893	0.0000
Beta14	-0.0168	0.0081	-2.0741	0.0381
Beta15	0.0045	0.0022	2.0455	0.0408
Beta20	1.6155	1.1618	1.3905	0.1644
Beta21	0.0392	0.0175	2.2400	0.0251
Beta22	0.0051	0.0058	0.8793	0.3792
Beta23	-0.0176	0.0163	-1.0798	0.2802
Beta24	-0.0240	0.0159	-1.5094	0.1312
Beta25	0.0100	0.0030	3.3333	0.0009
Lamda0	471.7959	0.0461	10234.18	0.0000
Alfa0	35.5958	0.8626	41.2657	0.0000
Alfa1	7.4237	0.0264	281.2008	0.0000
Alfa2	62.1796	0.8709	71.3969	0.0000

#### Informasi Iterasi & Hasil Uji Serentak BGPR

Values	
Number of Iteration	17
Converged/Not Converged	Converged
In.H1	383903.581
In.H0	381889.452
G <sup>2</sup>	4028.258
P.Value of F	0
AIC BGPR	415.124

**Lampiran 14** Scatterplot antara  $\ln(Y_1)$  dan  $X_1$   $X_2$   $X_5$ **Lampiran 15** Scatterplot antara  $\ln(Y_2)$  dan  $X_1$   $X_2$   $X_5$ 

## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap AFFANDA ABDUL HAKIM AMINULLAH. Lahir di Surabaya tanggal 23 Juni 1996 dan sebagai anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Jl. Raya Trosobo No. 15 Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis yaitu pendidikan di MI Sunan Ampel II Trosobo, SMP Negeri 1 Taman, SMA Negeri 1 Krian. Setelah lulus SMA penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa baru program studi Diploma III Jurusan Statistika ITS angkatan 2014 serta tahun 2017 melanjutkan studi Lintas Jalur Departemen Statistika ITS. Selama perkuliahan penulis pernah menjadi tim adhoc di HIMADATA-ITS, selain itu penulis juga pernah mengikuti kegiatan kepanitian, yaitu sie perkap PRS 2016. Selama kuliah penulis mendapatkan kesempatan pengalaman kerja praktik di PT. Aneka Regalindo dan PT Gongsin Internasional Trasindo di bidang *Data Processing & Statisticians*. Penulis pernah mengikuti dan mengambil pengalaman di salah satu lembaga survey.

Segala kritik, saran, dan masukan dapat dikirim melalui email penulis [affandahakim@gmail.com](mailto:affandahakim@gmail.com).

*Halaman ini sengaja dikosongkan*