

**IMPLEMENTASI REGRESI BINOMIAL NEGATIF BIVARIAT
UNTUK MENGATASI OVERDISPERSI
(Studi Kasus Kematian Ibu dan Neonatal di Jawa Tengah)**

SKRIPSI

**OLEH:
TRIANA WULANDARI
NIM. 17610091**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**IMPLEMENTASI REGRESI BINOMIAL NEGATIF BIVARIAT
UNTUK MENGATASI OVERDISPERSI
(Studi Kasus Kematian Ibu dan Neonatal di Jawa Tengah)**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh
TRIANA WULANDARI
NIM. 17610091**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**IMPLEMENTASI REGRESI BINOMIAL NEGATIF BIVARIAT
UNTUK MENGATASI OVERDISPERSI
(Studi Kasus Kematian Ibu dan Neonatal di Jawa Tengah)**

SKRIPSI

Oleh
Triana Wulandari
NIM. 17610091

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji
Malang, 15 Juni 2022

Dosen Pembimbing I

Dr. Sri Harini, M.Si
NIP. 19731014 200112 2 002

Dosen Pembimbing II

Ach. Nashrudin, M.A
NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc
NIP. 19741129 200012 2 005

**IMPLEMENTASI REGRESI BINOMIAL NEGATIF BIVARIAT
UNTUK MENGATASI OVERDISPERSI
(Studi Kasus Kematian Ibu dan Neonatal di Jawa Tengah)**

SKRIPSI

Oleh
Triana Wulandari
NIM. 17610091

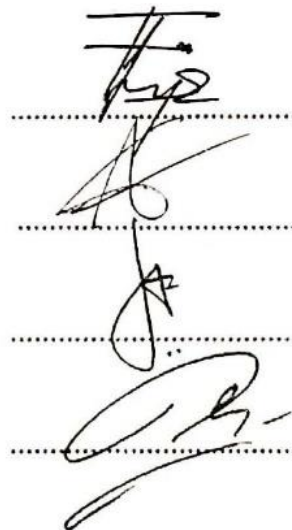
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 23 Juni 2022

Ketua Penguji : Fachrur Rozi, M.Si

Anggota Penguji 1 : Angga Dwi Mulyanto, M.Si

Anggota Penguji 2 : Dr. Sri Harini, M.Si

Anggota Penguji 3 : Ach. Nashichuddin, M.A



Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc
NIP. 19741129 200012 2 005

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Triana Wulandari
NIM : 17610091
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Implementasi Regresi Binomial Negatif Bivariat untuk Mengatasi Overdispersi (Studi Kasus Kematian Ibu dan Neonatal di Jawa Tengah)

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 Juni 2022
Yang membuat pernyataan,



Triana Wulandari
NIM. 17610091

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah Ayat 6)

“Barang siapa yang menjadikan mudah urusan orang lain, pasti Allah akan memudahkannya di dunia dan di akhirat”

(HR: Tirmidzi: 1853)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ayah dan Ibu tersayang sebagai tanda bakti dan terimakasih yang tiada terhingga.

Kakak-kakak tercinta yang selalu memberikan motivasi dan perhatian.

Diri sendiri, yang telah berjuang menghadapi kesulitan-kesulitan dalam menyelesaikan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat, tauhid, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan rangkaian penyusunan skripsi dengan judul “Implementasi Regresi Binomial Negatif Bivariat untuk Mengatasi Overdispersi (Studi Kasus Kematian Ibu dan Neonatal di Jawa Tengah)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang matematika. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan bagi Nabi Muhammad Saw yang telah membawa cahaya kebaikan bagu umat manusia.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis. Untuk itu, dalam kesempatan ini penulis memberikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus dosen pembimbing I yang selalu sabar dalam membimbing penulis serta senantiasa memberikan doa, nasihat, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc, selaku ketua Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ach. Nashichuddin, M.A, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
5. Fachrur Rozi, M.Si, selaku dosen penguji Seminar Proposal, Seminar Hasil, dan Ujian Skripsi yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
6. Angga Dwi Mulyanto, M.Si selaku dosen penguji Seminar Hasil dan Ujian Skripsi yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
7. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

8. Segenap keluarga terutama Ayah, Ibu dan kakak-kakak tercinta yang selalu memberikan do'a, perhatian, kasih sayang, semangat, serta motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman di Program Studi Matematika angkatan 2017 yang bersama-sama selama masa perkuliahan.
10. Untuk semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan moril maupun materil kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah Swt senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan sesuatu yang bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca dan khususnya bagi penulis.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 23 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN PENULISAN	v
MOTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Distribusi Binomial Negatif	7
2.2 Regresi Binomial Negatif	9
2.3 Estimasi Parameter Regresi Binomial Negatif	10
2.4 Distribusi Binomial Negatif Bivariat	12
2.5 Regresi Binomial Negatif Bivariat	13
2.6 Estimasi Parameter Regresi Binomial Negatif Bivariat	14
2.7 Korelasi	17
2.8 Multikolinieritas	19
2.9 Overdispersi	19
2.10 Kematian Ibu dan Kematian Neonatal	20
2.10.1 Kematian Ibu	20
2.10.2 Kematian Neonatal	21
2.11 Faktor-Faktor yang Diduga Berpengaruh terhadap Kasus Kematian Ibu dan Kematian Neonatal	22
2.12 Penyelesaian Masalah dalam Alqur'an	23
2.13 Kajian Topik dengan Teori Pendukung	25
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Jenis Penelitian	28
3.2 Data dan Sumber Data	28
3.3 Teknik Pengumpulan Data	29
3.4 Instrumen Penelitian	29
3.5 Teknik Analisa Data	29
3.6 Flowchart	30

BAB IV PEMBAHASAN.....	31
4.1 Analisis Deskriptif	31
4.2 Pemodelan Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Neonatal	34
4.2.1 Pemeriksaan Distribusi Binomial Negatif	34
4.2.2 Pemeriksaan Korelasi.....	35
4.2.3 Pemeriksaan Multikolinieritas	36
4.2.4 Pemeriksaan Overdispersi.....	37
4.2.5 Pemodelan Regresi Binomial Negatif Bivariat	38
4.3 Penerapan Regresi Binomial Negatif Bivariat dalam Pandangan Islam	44
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	52
RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variabel Penelitian	28
Tabel 4.1	Statistika Deskriptif Variabel Penelitian	32
Tabel 4.2	Nilai VIF Variabel Prediktor	37
Tabel 4.3	Uji Overdispersi pada Model Regresi Binomial Negatif Bivariat	38
Tabel 4.4	Estimasi Parameter Kasus Kematian Ibu	40
Tabel 4.5	Hasil Estimasi Model Regresi Binomial Negatif Bivariat Kasus Kematian Ibu	41
Tabel 4.6	Estimasi Parameter Kasus Kematian Neonatal	42
Tabel 4.7	Hasil Estimasi Model Regresi Binomial Negatif Bivariat Kasus Kematian Neonatal	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Banyaknya Kematian Ibu Provinsi Jawa Tengah 2019	31
Gambar 4.2	Banyaknya Kematian Neonatal Provinsi Jawa Tengah 2019	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Variabel Penelitian	52
Lampiran 2	Hasil Standarisasi Data Variabel Prediktor	53
Lampiran 3	Output Statistik Deskriptif Variabel Respon	54
Lampiran 4	Output Statistik Deskriptif Variabel Prediktor	55
Lampiran 5	Perhitungan Deviance untuk Pemeriksaan Overdispersi	56
Lampiran 6	Output Pengujian Distribusi Binomial Negatif	57
Lampiran 7	Output Uji Korelasi	58
Lampiran 8	Output Uji Multikolinieritas	58
Lampiran 9	Syntax R	59
Lampiran 10	Output Software RStudio	62
Lampiran 11	Y_1 Duga dan Y_2 Duga dengan Residualnya	63

DAFTAR SIMBOL

Simbol-simbol yang digunakan dalam skripsi ini mempunyai makna diantaranya yaitu:

y_{ti}	: Variabel respon ke- t pada lokasi pengamatan ke- i , untuk $t = 1, 2$ dan $i = 1, 2, \dots, n$
x_{ji}	: Vektor variabel prediktor ke - j pada lokasi pengamatan ke- i , untuk $j = 1, 2, \dots, p$ dan $i = 1, 2, \dots, n$
μ_{ti}	: Rata-rata variabel respon pada lokasi pengamatan ke- i
β	: Vektor parameter regresi binomial negative
$D(\hat{\beta})$: <i>Deviance</i>
$L(\hat{\omega})$: Nilai maximum likelihood untuk model sederhana tanpa melibatkan variabel bebas
$L(\hat{\Omega})$: Nilai maximum likelihood untuk model lengkap tanpa melibatkan variabel bebas
θ	: Parameter dispersi

ABSTRAK

Wulandari, Triana. 2022. **Implementasi Regresi Binomial Negatif Bivariat untuk Mengatasi Overdispersi (Studi Kasus Kematian Ibu dan Neonatal di Jawa Tengah)**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) Dr. Sri Harini, M.Si. (2) Ach. Nashichuddin, M.A.

Kata Kunci: Overdispersi, Regresi Binomial Negatif, Regresi Binomial Negatif Bivariat, *Maximum Likelihood Estimation*, Newton-Raphson, Neonatal.

Overdispersi adalah kondisi data dimana varians pada data tersebut memiliki nilai lebih besar dari nilai rata-ratanya. Penerapan metode regresi yang tidak tepat pada data dengan kondisi overdispersi dapat mengakibatkan variabel bebas yang seharusnya tidak signifikan menjadi signifikan. Akibatnya penarikan kesimpulan menjadi tidak valid. Salah satu metode regresi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah overdispersi adalah dengan regresi binomial negatif. Regresi binomial negatif bivariat merupakan salah satu hasil pengembangan dari regresi binomial negatif. Tujuan dari penelitian ini untuk menerapkan regresi binomial negatif bivariat untuk mengatasi overdispersi. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kasus kematian ibu dan kematian neonatal di Jawa Tengah. Penaksiran parameter yang digunakan adalah *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dengan iterasi Newton-Raphson. Penelitian ini menunjukkan bahwa kasus kematian ibu dipengaruhi oleh penduduk miskin (X_1), rumah tangga dengan sanitasi layak (X_4), dan tenaga kesehatan (bidan) (X_5). Sedangkan kasus kematian neonatal dipengaruhi oleh penduduk miskin (X_1), dan tenaga kesehatan (bidan) (X_5).

ABSTRACT

Wulandari, Triana. 2022. **Implementation of Bivariate Negative Binomial Regression to Overcome Overdispersion (Case Study of Maternal and Neonatal Mortality in Central Java)**. Thesis. Mathematics Study Program, Science and Technology Faculty, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (1) Dr. Sri Harini, M.Si. (2) Ach. Nashichuddin, M.A.

Keywords: Overdispersion, Negative Binomial Regression, Bivariate Negative Binomial Regression, Maximum Likelihood Estimation, Newton-Raphson, Neonatal.

Overdispersion is a data condition where the variance of data has a greater value than the average value. Improper regression applications on data with overdispersion conditions can cause independent variables that should be insignificant to be significant. As a result, the conclusions is invalid. One of the regression methods that can be used to solve the problem of overdispersion is negative binomial regression. Bivariate negative binomial regression is one of the results of the development of negative binomial regression. The purpose of this research is to implement bivariate negative binomial regression to overcome overdispersion. The data used is the number of maternal and neonatal mortality in the province of Central Java in 2019. The Parameter estimation is done by using Maximum Likelihood Estimation (MLE) through Newton-Raphson iteration. This research shows that the number of maternal mortality is affected by the poor (X_1), households with proper sanitation (X_4), and health workers (midwife) (X_5). Meanwhile, the number of neonatal mortality is affected by the poor (X_1), and health workers (midwife) (X_5).

مستخلص البحث

وولانداري، تريانا. 2022. تنفيذ الانحدار ثنائي الحد السلبي للمعدل الحيوي للتغلب على التشتت الزائد (دراسة حالة في موت الأم وحديث الولادة في جاوا الوسط). البحث الجامعي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك ابراهيم الاسلامية الحكومية بمالانج. المشرفة: (1) الدكتورة سري هاريني، الماجستير. المشرف: (2) أحمد ناصح الدين، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: الإفراط في الإنتشار (Overdispersi)، الانحدار ثنائي الحدود السالب، الانحدار السلبي ثنائي الحدين، تقدير احتمالات القصوى، نيوتن-رابنسون (Newton Raphson)، حديث الولادة.

الإفراط في الإنتشار (Overdispersi) هو شرط بيانات حيث يكون لتباين البيانات قيمة أكبر من القيمة المتوسطة. يمكن أن تتسبب تطبيقات الانحدار Improper على البيانات ذات ظروف التشتت الزائد في وجود متغيرات مستقلة يجب أن تكون غير ذات أهمية كبيرة. ونتيجة لهذا فإن الاستنتاجات غير صالحة. إحدى طرق الانحدار التي يمكن استخدامها لحل مشكلة الإفراط في الإنتشار (Overdispersi) هي الانحدار ثنائي الحدود السالب. يعد الانحدار السلبي ثنائي الحدين ذو المتغيرات الثنائية أحد نتائج تطور الانحدار ثنائي الحدود السالب. الغرض من هذا البحث هو تنفيذ الانحدار السلبي ثنائي الحدين للتغلب على الإفراط في الإنتشار (Overdispersi). والبيانات المستخدمة هي عدد وفيات الامهات والمواليد الجدد في مقاطعة جاوة الوسطى في عام 2019. يتم تقدير المعلمة باستخدام تقدير احتمالات القصوى (MLE) من خلال تكرار نيوتن-رابنسون (Newton Raphson). هذا بحث يظهر أن الرقم من [بولر وفتي] أثرت بالفقراء (X_1)، منازل مع صحاح مناسبة (X_4)، وصحة عاملات ([ممرضة]) (X_5). وفي الوقت نفسه، فإن عدد الوفيات بين المواليد الجدد يتأثر بالفقراء (X_1)، والعمال الصحيين (القبالات) (X_5).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Analisis regresi merupakan suatu metode matematika yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor (Draper & Smith, 1992). Apabila variabel respon berbentuk kontinu, maka dapat menggunakan analisis regresi linier. Namun, apabila variabel respon berbentuk diskrit, maka dapat menggunakan analisis regresi poisson. Analisis regresi poisson merupakan suatu model yang digunakan untuk melakukan analisis hubungan antara variabel respon yang berdistribusi poisson dengan variabel-variabel prediktornya. Model regresi poisson memiliki syarat equidispersi dimana *mean* dan *varians* pada variabel respon memiliki nilai yang sama (Myers & dkk, 2010). Namun pada analisis data diskrit, kondisi equidispersi sering tidak terpenuhi. Kondisi lain yang mungkin terjadi yaitu overdispersi dimana nilai *varians* lebih besar dari nilai *mean* (Cullagh & Nelder, 1989).

Overdispersi dapat terjadi karena adanya korelasi tersembunyi. Penerapan regresi poisson pada data dengan kondisi overdispersi akan menghasilkan nilai galat baku lebih kecil dari nilai sebenarnya atau disebut *underestimate* (Hinde & Dem'estrio, 1998) (Astuti & Yanagawa, 2002). Selain itu, overdispersi juga dapat mengakibatkan variabel bebas menjadi signifikan padahal sebenarnya tidak signifikan, sehingga penarikan kesimpulan yang dilakukan menjadi tidak valid (Agresti, 2015) dan (Hilbe, 2011). Salah satu model alternatif solusi yang dapat

digunakan untuk menangani masalah overdispersi adalah model regresi binomial negatif (Famoye, 2010).

Model regresi binomial negatif memiliki fungsi yang sama dengan model regresi poisson. Namun dalam penggunaannya, model regresi binomial negatif dinilai lebih fleksibel dibandingkan model regresi poisson karena pada model regresi binomial negatif tidak memiliki syarat equidispersi. Salah satu model hasil pengembangan regresi binomial negatif adalah regresi binomial negatif bivariat (Famoye, 2010). Model regresi binomial negatif bivariat juga dapat memodelkan data dengan kondisi overdispersi tanpa harus menghilangkan kondisi overdispersi tersebut. Selain itu, regresi binomial negatif bivariat tidak mengharuskan data yang digunakan memiliki kondisi equidispersi. Model binomial negatif bivariat dapat digunakan untuk memodelkan sepasang variabel respon dalam bentuk data *count* yang masing-masing berdistribusi binomial negatif dan saling berkorelasi (Gurmu & Elder, 2000). Regresi binomial negatif bivariat lebih baik penggunaannya dibandingkan dua regresi binomial negatif univariat (Liu & Pitt, 2017).

Penerapan regresi binomial negatif bivariat untuk mengatasi overdispersi sama halnya dengan mengatasi masalah dalam kehidupan. Seberapa sulit suatu masalah yang dihadapi oleh seseorang pasti akan menemukan jalan keluar apabila ia selalu berusaha. Allah Swt selalu menjamin adanya penyelesaian setelah adanya kesulitan, sebagaimana tertuang dalam Surah Al Insyirah ayat 5-6 yang berbunyi:

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۝ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۝ ٦

Artinya: “Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan” (QS Al-Insyirah: 5-6)

Menurut Ibnu Tafsir dalam Tafsir Ibnu Katsir, Allah akan memberikan kemudahan dalam setiap kesulitan selama yang bersangkutan memiliki tekad untuk mengatasinya. Sesungguhnya tidak ada suatu permasalahan yang tidak dapat diatasi. Allah telah memberikan berbagai cara untuk manusia agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan (Ibnu Katsir, 2004). Begitu juga untuk mengatasi masalah overdispersi terdapat beberapa alternatif untuk mengatasinya, salah satu diantaranya yaitu menggunakan regresi binomial negatif.

Penelitian mengenai perbandingan regresi poisson bivariat dan regresi binomial negatif bivariat dalam mengatasi overdispersi telah dilakukan oleh Famoye (2010). Data yang digunakan dalam penelitian tersebut merupakan data jumlah kunjungan konsultasi dokter dan non dokter dimana pada data tersebut mengalami overdispersi. Data tersebut sama dengan penelitian sebelumnya yaitu Gurmu dan Elder (2000) yang berjudul *Generalized Bivariate Count Data Regression Models*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Famoye diperoleh hasil bahwa model regresi binomial negatif bivariat memiliki nilai *log likelihood*, AIC, dan devians lebih kecil dari model regresi poisson bivariat. Sehingga dari penelitian tersebut model regresi binomial negatif bivariat lebih baik dalam mengatasi overdispersi daripada model regresi poisson bivariat (Famoye, 2010).

Beberapa kajian mengenai model pengembangan regresi binomial negatif yang diterapkan oleh Liza Nur Aida menyatakan bahwa regresi *hurdle negative binomial* dapat digunakan untuk mengatasi masalah pada data yang mengalami overdispersi dan *excess zero*. Dalam penelitiannya, regresi *hurdle negative binomial* diterapkan pada data kasus campak yang dilakukan dengan dua

pendekatan yaitu model logit dan model log (Aida, 2021). Adapun dalam hal mengatasi masalah overdispersi terdapat penelitian oleh Adeliana yang menerapkan *Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression* (GWZIPR) pada kasus penyakit tetanus neonatorum di Jawa Timur. Dalam penelitiannya, GWZIPR diterapkan dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dan *Fixed Bisquare Kernel* sebagai pembobot (Adeliana, 2017). Sedangkan, model regresi binomial negatif bivariat sendiri telah diterapkan oleh Amin Tohari, dkk dengan studi kasus HIV dan AIDS di Indonesia dengan variabel prediktor persentase pengguna narkoba. Data yang digunakan adalah data pada tahun 2017. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa persentase pengguna narkoba berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kasus HIV dan AIDS di Indonesia. Pada uji kebaikan model diperoleh nilai *deviance* lebih kecil dari nilai chi-square, yang artinya model yang diperoleh sesuai (Tohari & dkk, 2019).

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa belum ada penelitian mengenai penerapan regresi binomial negatif bivariat untuk mengatasi overdispersi. Hal ini menarik peneliti untuk melakukan penelitian dengan tujuan mengatasi masalah pada data yang mengalami overdispersi menggunakan regresi binomial negatif bivariat. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kasus kematian ibu dan kematian neonatal di kabupaten/kota Provinsi Jawa Tengah tahun 2019. Dengan menggunakan model dan data tersebut, diharapkan dapat diketahui bagaimana penerapan regresi binomial negatif bivariat pada data yang mengandung overdispersi. Selain itu, dari data yang digunakan nantinya

dapat diketahui faktor-faktor signifikan berpengaruh terhadap kasus tersebut, sehingga dapat dilakukan upaya-upaya untuk mengatasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah, bagaimana implementasi regresi binomial negatif bivariat pada data kasus kematian ibu dan neonatal di Jawa Tengah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang akan dibahas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan implementasi regresi binomial negatif bivariat pada data kasus kematian ibu dan kematian neonatal di Jawa Tengah.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan mengenai implementasi regresi binomial negatif bivariat dalam mengatasi data yang mengalami overdispersi.
2. Membantu pemerintah dalam membuat kebijakan dan standar evaluasi dalam penanganan kasus kematian ibu dan kematian neonatal di kabupaten/kota Provinsi Jawa Tengah.
3. Mengetahui penerapan dan program yang digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kasus kematian ibu dan kematian neonatal menggunakan regresi binomial negatif bivariat.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian dalam skripsi ini dibatasi oleh beberapa hal, diantaranya:

1. Pendugaan parameter yang digunakan adalah *maximum likelihood estimator* dengan iterasi Newton-Raphson.
2. Penelitian ini hanya menerapkan model regresi binomial negatif bivariat pada data yang mengalami overdispersi yaitu kasus kematian ibu dan kematian neonatal di kabupaten/kota Provinsi Jawa Tengah tahun 2019.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Distribusi Binomial Negatif

Distribusi binomial negatif digunakan untuk menyelesaikan dua masalah yang tak sama. Distribusi binomial negatif merupakan salah satu distribusi yang memiliki banyak jenis pendekatan, dua diantaranya yaitu pendekatan dengan barisan percobaan bernouli dan distribusi campuran poisson-gamma (Hilbe, 2011). Pendekatan yang paling umum digunakan adalah pendekatan dengan barisan percobaan bernouli. Percobaan bernouli dilakukan hingga terjadi r buah sukses, dimana setiap pengulangnya tidak saling berikatan. Model binomial negatif diduga lebih sering digunakan untuk data hitung dibandingkan dengan model poisson karena model binomial negatif dapat digunakan untuk mengatasi overdispersi pada model poisson (Wilson, Folks, & Young, 1984). Fungsi probabilitas dari distribusi binomial negatif adalah sebagai berikut (Bain, 1992):

$$P(X = x; r, p) = \binom{x-1}{r-1} p^r (1-p)^{x-r} \quad (2.1)$$

Dimana $x = r, r + 1, r + 2, \dots$

Keterangan:

r : Banyaknya kejadian sukses

x : Banyaknya percobaan yang dilakukan hingga mendapatkan r buah sukses

p : Probabilitas kejadian sukses

Distribusi probabilitas pada peubah acak X dapat dinotasikan dengan bentuk lain yaitu dengan menggunakan transformasi $Y = X - r$, dimana Y menyatakan

banyaknya kejadian gagal sebelum terjadinya sukses ke- r . Maka fungsi probabilitas dari distribusi binomial negatif dengan peubah acak Y adalah sebagai berikut (Johnson, Kotz, & Kemp, 1992):

$$P(Y = y; r, p) = \binom{y + r - 1}{r - 1} p^r (1 - p)^y \quad (2.2)$$

Dimana $y = 0, 1, 2, \dots$

Keterangan:

r : Banyaknya kejadian sukses

y : Banyaknya kejadian gagal sebelum terjadinya sukses ke- r

p : Probabilitas kejadian sukses

Nilai rata-rata dari distribusi binomial negatif adalah sebagai berikut:

$$E(X) = \frac{r(1 - p)}{p} \quad (2.3)$$

Nilai varians dari distribusi binomial negatif adalah sebagai berikut:

$$Var(X) = \frac{r(1 - p)}{p^2} \quad (2.4)$$

Fungsi probabilitas distribusi binomial negatif yang terbentuk dari campuran distribusi poisson-gamma adalah sebagai berikut (Boswell & Patil, 1970):

$$P(Y = y) = \frac{\Gamma\left(y + \frac{1}{\theta}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\theta}\right) y!} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu}{1 + \theta\mu}\right)^y \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) di atas memiliki bentuk yang mirip dengan bentuk fungsi probabilitas distribusi binomial negatif pada persamaan (2.2) dimana $r = \frac{1}{\theta}$ dan

$$p = \frac{1}{1 + \theta\mu}.$$

Nilai rata-rata dari distribusi binomial negatif yang terbentuk dari campuran distribusi poisson-gamma adalah sebagai berikut:

$$E(Y) = \mu \quad (2.6)$$

Nilai varians dari distribusi binomial negatif yang terbentuk dari campuran distribusi poisson-gamma adalah sebagai berikut:

$$Var(Y) = \mu + \theta\mu^2 \quad (2.7)$$

Alat uji yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah suatu data mengikuti distribusi statistik tertentu adalah dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*.

Hipotesis yang digunakan yaitu:

H_0 : Data berdistribusi binomial negatif

H_1 : Data tidak berdistribusi binomial negatif

Statistik uji:

$$KS_{hit} = \max_x |F_n(x) - F_0(x)|; \quad x \in \mathbb{R} \quad (2.8)$$

Dengan $F_n(x)$ adalah frekuensi relatif kumulatif data.

Kriteria uji:

H_0 ditolak apabila $KS_{hit} > KS_{kritis}$

Dengan KS_{kritis} merupakan nilai tabel *Kolmogorov Smirnov*.

2.2 Regresi Binomial Negatif

Regresi binomial negatif merupakan salah satu regresi terapan dari *Generalized Linear Models* (GLM). Regresi binomial negatif merupakan suatu regresi berdistribusi binomial negatif yang dapat digunakan untuk memodelkan data yang mengandung overdispersi. Pada regresi binomial negatif, variabel respon diasumsikan memiliki distribusi binomial negatif yang merupakan hasil dari distribusi poisson-gamma. Persamaan fungsi probabilitas regresi binomial negatif adalah sebagai berikut (Greene, 2008):

$$P(Y_i = y_i) = \frac{\Gamma\left(y_i + \frac{1}{\theta}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\theta}\right) y_i!} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu_i}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i}\right)^{y_i} \quad (2.9)$$

Dengan $i = 0, 1, 2, \dots$ dan $\theta \geq 0$

Ketika $\theta \rightarrow 0$ maka distribusi binomial negatif mempunyai varians $Var(Y) \rightarrow \mu$. Distribusi binomial negatif akan mendekati distribusi poisson dimana nilai rata-rata dan variansnya sama yaitu $E(Y) = Var(Y) = \mu$. Pada umumnya, model regresi binomial negatif menerapkan fungsi penghubung logaritma atau disebut *log link* (Hilbe, 2011). Bentuk logaritma binomial negatif adalah sebagai berikut:

$$\ln(\mu_i) = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta} \quad (2.10)$$

Model regresi binomial negatif dapat menerapkan fungsi penghubung logaritma atau log link karena $\ln(\mu_i)$ dan $\mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta}$ terdefinisi pada interval $(0, \infty)$ dan interpretasi parameternya akan menjadi lebih mudah. Berdasarkan persamaan (2.10) maka diperoleh:

$$\mu_i = \exp(\mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta}) \quad (2.11)$$

Dengan $\mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta}$ merupakan fungsi regresi pada regresi parametrik (Hilbe, 2011).

2.3 Estimasi Parameter Regresi Binomial Negatif

Parameter-parameter pada model regresi binomial negatif yang belum diketahui nilainya, yaitu $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ dan θ perlu ditaksir. Estimasi parameter pada model regresi binomial negatif dapat dilakukan dengan metode *maximum likelihood* (Lawless, 1987). Penaksiran parameter pada regresi binomial negatif dapat dilakukan menggunakan metode *maximum likelihood* dengan aturan iterasi

Newton Raphson. Metode *maximum likelihood* memerlukan turunan pertama dan kedua dari fungsi likelihood (Park dan Lord, 2008).

Fungsi log-likelihood dari distribusi binomial negatif adalah

$$\ln\{L(\mu, \theta)\} = \sum_{i=1}^n \left\{ y_i \ln(\mu_i \theta) - \left(\frac{1}{\theta} + y_i\right) \ln(1 + \mu_i \theta) + \sum_{t=0}^{y_i-1} \ln\left(\frac{1}{\theta} + t\right) - \ln y_i! \right\}. \quad (2.12)$$

Dengan mensubstitusikan $\mu_i = \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta})$ ke persamaan (2.12), maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\} = \sum_{i=1}^n \left\{ y_i \ln[\theta \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta})] - \left(\frac{1}{\theta} + y_i\right) \ln[1 + \theta \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta})] + \sum_{t=0}^{y_i-1} \ln\left(\frac{1}{\theta} + t\right) - \ln y_i! \right\}. \quad (2.13)$$

Fungsi *log-likelihood* dari $L(\boldsymbol{\beta}, \theta)$ dapat dinotasikan dengan $\ell(\boldsymbol{\beta}, \theta) = \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}$, digunakan untuk memudahkan proses perhitungan dalam upaya mendapatkan taksiran maksimum likelihood untuk parameter $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ dan θ . Hal ini dikarenakan bahwa memaksimumkan fungsi *log-likelihood* akan mendapatkan hasil yang sama dengan memaksimumkan fungsi likelihoodnya. Untuk mencari taksiran dari parameter-parameter maka fungsi *log likelihood* di atas harus diturunkan terhadap masing-masing parameter dan disama dengankan nol, sehingga diperoleh persamaan-persamaan berikut ini:

Turunan pertama terhadap β adalah

$$\frac{\partial \ell(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \boldsymbol{\beta}} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(y_i - \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta})) \mathbf{X}_i^T}{1 + \theta \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta})} \right] = 0 \quad (2.14)$$

Turunan pertama terhadap θ adalah

$$\frac{\partial \ell(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \theta} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i}{\theta} + \frac{\theta^{-2} \ln(1 + \theta \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta}))}{1 + \theta \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta})} - \sum_{t=0}^{y_i-1} \frac{\theta^{-2}}{(\theta^{-1} + t)} \right] \quad (2.15)$$

Persamaan (2.14) dan persamaan (2.15) di atas tidak dapat diselesaikan secara analitik. Untuk menyelesaikannya, diperlukan penggunaan metode iterasi Newton-Raphson sebagai berikut:

$$\boldsymbol{\delta}^{(m+1)} = \boldsymbol{\delta}^{(m)} - \mathbf{H}^{-1}(\boldsymbol{\delta}^{(m)}) \mathbf{g}(\boldsymbol{\delta}^{(m)})$$

Dengan

$$\boldsymbol{\delta} = [\boldsymbol{\beta}^T \quad \theta]^T$$

$$\mathbf{g}(\boldsymbol{\delta}) = \left[\frac{\partial \ell(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T} \quad \frac{\partial \ell(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \theta} \right]^T$$

$$\mathbf{H}(\boldsymbol{\delta}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T \partial \boldsymbol{\beta}} & \text{simetris} \\ \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T \partial \theta} & \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{(\partial \theta)^2} \end{bmatrix}$$

Apabila $\|\boldsymbol{\delta}^{(m+1)} - \boldsymbol{\delta}^{(m)}\| \leq \varepsilon$ untuk $\varepsilon > 0$ maka iterasi berhenti.

2.4 Distribusi Binomial Negatif Bivariat

Distribusi binomial negatif bivariat merupakan suatu produk dari margin binomial negatif dengan faktor perkalian. Persamaan fungsi peluangnya adalah sebagai berikut (Famoye, 2010):

$$P(y_1, y_2) = \prod_{t=1}^2 \left\{ \frac{\Gamma(\theta_t^{-1} + y_t)}{\Gamma(\theta_t^{-1})\Gamma(1 + y_t)} \right\} \left(\frac{\mu_t}{\theta_t^{-1} + \mu_t} \right)^{y_t} \left(\frac{\theta_t^{-1}}{\theta_t^{-1} + \mu_t} \right)^{\theta_t^{-1}} \left[1 + \lambda \prod_{t=1}^2 (e^{-y_t} - c_t) \right] \quad (2.16)$$

$$\text{Dengan } c_t = \frac{[1 - \mu_t(\theta_t^{-1} + \mu_t)^{-1}]}{[1 - e^{-1}\mu_t(\theta_t^{-1} + \mu_t)^{-1}]}$$

untuk $t = 1, 2$ dan $y_1, y_2 = 0, 1, 2, \dots$

Karena $\frac{\Gamma(\theta^{-1} + y)}{\Gamma(\theta^{-1})} = \prod_{j=0}^{y-1} (\theta^{-1} + j)$, maka persamaan (2.16) menjadi

$$P(y_1, y_2) = \prod_{t=1}^2 \prod_{j=0}^{y_t-1} \left\{ \frac{(\theta_t^{-1} + j)(\mu_t)^{y_t}}{y_t!} \right\} (\theta_t^{-1})^{\theta_t^{-1}} (\theta_t^{-1} + \mu_t)^{-(y_t + \theta_t^{-1})} \left[1 + \lambda \prod_{t=1}^2 (e^{-y_t} - c_t) \right] \quad (2.17)$$

Distribusi marjinal dari $y_t (t = 1, 2)$ merupakan binomial negatif dengan rata-rata

$$\mu_t = \frac{m_t^{-1}\theta_t}{(1-\theta_t)} \text{ dan varians } \sigma_t^2 = \frac{m_t^{-1}\theta_t}{(1-\theta_t)^2}.$$

2.5 Regresi Binomial Negatif Bivariat

Regresi binomial negatif bivariat didasarkan pada distribusi binomial negatif bivariat. Apabila terdapat variabel Y_1 dan Y_2 yang keduanya berdistribusi binomial negatif diregresikan terhadap variabel prediktor X_1, X_2, \dots, X_p , maka bentuk persamaan regresi binomial negatif bivariat dapat ditulis:

$$(Y_{1i}, Y_{2i}) \sim BNB(\mu_{Y_1}, \mu_{Y_2}, \theta_1, \theta_2, \lambda)$$

$$\mu_{Y_t} = \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta}_t); i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2 \quad (2.18)$$

Dengan $\mathbf{X}_i = [1 \ x_{1i} \ x_{2i} \ \dots \ x_{pi}]^T$ dan $\boldsymbol{\beta}_t = [\beta_{t0} \ \beta_{t1} \ \beta_{t2} \ \dots \ \beta_{tp}]^T$

2.6 Estimasi Parameter Regresi Binomial Negatif Bivariat

Estimasi parameter model binomial negatif bivariat dapat dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* atau MLE (Park dan Lord, 2008). Dimisalkan bahwa $\delta = (\mu_{Y_1}, \mu_{Y_2}, \theta_1, \theta_2, \lambda)$, maka diperoleh fungsi likelihood sebagai berikut:

$$L(\delta) = \prod_{i=1}^n \left\{ \prod_{t=1}^2 \prod_{j=0}^{y_t-1} \left\{ \frac{(\theta_t^{-1} + j)(\mu_{ti})^{y_{ti}}}{y_{ti}!} \right\} (\theta_t^{-1})^{\theta_t^{-1}} (\theta_t^{-1} + \mu_{ti})^{-(y_{ti} + \theta_t^{-1})} \left[1 + \lambda \prod_{t=1}^2 (e^{-y_{ti}} - c_t) \right] \right\} \quad (2.19)$$

Dimana $c_t = (1 + d\mu_{ti}\theta_t)^{\theta_t^{-1}}$, dengan $d = 1 - e^{-1}$, $t = 1, 2$.

Dengan transformasi logaritma persamaan (2.19) dapat diperoleh

$$\begin{aligned} \ell(\delta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{t=1}^2 \sum_{t=0}^{y_t-1} (\theta_t^{-1} + t) + y_{ti} \ln(\mu_{ti}) - \ln(y_{ti}!) - \theta_t^{-1} \ln \theta_t \right. \\ \left. - (y_{ti} + \theta_t^{-1}) \ln(\theta_t^{-1} + \mu_{ti}) \right. \\ \left. + \ln[1 + \lambda(e^{-y_{1i}} - c_1)(e^{-y_{2i}} - c_2)] \right\} \quad (2.20) \end{aligned}$$

Turunan pertama fungsi log-likelihood terhadap masing-masing parameternya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ell(\delta)}{\partial \beta_{1j}} &= \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_{1i} - \mu_{1i}}{\mu_{1i}(1 + \theta_1 \mu_{1i})} \frac{\partial \mu_{1i}}{\partial \beta_{1j}} - \frac{\lambda(e^{-y_{2i}} - c_2)}{[1 + \lambda(e^{-y_{1i}} - c_1)(e^{-y_{2i}} - c_2)]} \frac{\partial c_1}{\partial \beta_{1j}} \right\} \\ &= 0 \quad (2.21) \end{aligned}$$

Dimana $\frac{\partial \mu_{ti}}{\partial \beta_{tj}} = \mu_{ti} x_{ji}$, dan $\frac{\partial c_t}{\partial \beta_{tj}} = \frac{-dc \mu_{ti} x_j}{1+d\mu_{ti}\theta_t}$, $j = 0, 1, 2, \dots, p$; $t = 1, 2$.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ell(\delta)}{\partial \beta_{2j}} &= \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_{2i} - \mu_{2i}}{\mu_{2i}(1 + \theta_2 \mu_{2i})} \frac{\partial \mu_{2i}}{\partial \beta_{2j}} - \frac{\lambda(e^{-y_{1i}} - c_1)}{[1 + \lambda(e^{-y_{1i}} - c_1)(e^{-y_{2i}} - c_2)]} \frac{\partial c_2}{\partial \beta_{2j}} \right\} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ell(\delta)}{\partial \theta_1} &= \sum_{i=1}^n \left\{ \theta_1^{-2} \ln(\theta_1) + \theta_1^{-2} [\ln(\mu_{1i} + \theta_1^{-1}) - 1] + \frac{\theta_1^{-2}(y_{1i} + \theta_1^{-1})}{(\mu_{1i} + \theta_1^{-1})} \right. \\ &\quad \left. - \sum_{j=0}^{y_{1i}-1} \frac{\theta_1^{-2}}{\theta_1^{-1} + j} - \frac{\lambda(e^{-y_{2i}} - c_2)}{[1 + \lambda(e^{-y_{1i}} - c_1)(e^{-y_{2i}} - c_2)]} \frac{\partial c_1}{\partial \theta_1} \right\} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (2.23)$$

Dimana $\frac{\partial c_t}{\partial \theta_t} = \theta_t^{-1} [\theta_t^{-1} \ln(1 + d\mu_{ti}\theta_t) - d\mu_{ti}/(1 + d\mu_{ti}\theta_t)] c_t$, $t = 1, 2$.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ell(\delta)}{\partial \theta_2} &= \sum_{i=1}^n \left\{ \theta_2^{-2} \ln(\theta_2) + \theta_2^{-2} [\ln(\mu_{2i} + \theta_2^{-1}) - 1] + \frac{\theta_2^{-2}(y_{2i} + \theta_2^{-1})}{(\mu_{2i} + \theta_2^{-1})} \right. \\ &\quad \left. - \sum_{j=0}^{y_{1i}-1} \frac{\theta_1^{-2}}{\theta_2^{-1} + j} - \frac{\lambda(e^{-y_{2i}} - c_2)}{[1 + \lambda(e^{-y_{1i}} - c_1)(e^{-y_{2i}} - c_2)]} \frac{\partial c_1}{\partial \theta_2} \right\} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial \ell(\delta)}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^n \frac{(e^{-y_{1i}} - c_1)(e^{-y_{2i}} - c_2)}{1 + \lambda(e^{-y_{1i}} - c_1)(e^{-y_{2i}} - c_2)} = 0 \quad (2.25)$$

Pada lima persamaan di atas tidak dapat diselesaikan dengan cara analitik, sehingga digunakan iterasi Newton-Raphson untuk menyelesaikannya. Dalam penjelasan sebelumnya, terdapat penyederhanaan persamaan yaitu $\frac{\Gamma(\theta^{-1}+y)}{\Gamma(\theta^{-1})}$ menjadi $\prod_{j=0}^{y-1} (\theta^{-1} + j)$. Dalam praktik penerapan estimasi parameter, persamaan tersebut tidak disederhanakan. Hal tersebut dikarenakan dalam penghitungan

fungsi log-likelihood lebih mudah dilakukan menggunakan bentuk log-gamma. Apabila menggunakan persamaan yang telah disederhanakan maka program tidak berjalan karena terdapat nilai $y = 0$.

Untuk menguji kesesuaian model regresi binomial negatif bivariat digunakan *maximum likelihood estimator test* deviansi dengan:

Hipotesis:

$$H_0 : \beta_{t1} = \beta_{t2} = \dots = \beta_{tp}; t = 1, 2$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_{tj} \neq 0, j = 0, 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = -2 [\ln L(\hat{\omega}) - \ln L(\hat{\Omega})] \quad (2.26)$$

Kriteria uji:

$$H_0 \text{ ditolak jika nilai } D(\hat{\beta}) > \chi_{\alpha, 2p+1}^2$$

$L(\hat{\omega})$ didefinisikan sebagai nilai *maximum likelihood* untuk model sederhana tanpa melibatkan variabel bebas. $L(\hat{\Omega})$ didefinisikan sebagai nilai *maximum likelihood* untuk model lengkap dengan melibatkan variabel bebas. $D(\hat{\beta})$ merupakan devians yang dihitung dari semua parameter dalam model. Semakin kecil nilai $D(\hat{\beta})$ maka semakin kecil tingkat kesalahan model, sehingga model yang dihasilkan menjadi semakin tepat (Cullagh & Nelder, 1989). Untuk menguji signifikansi variabel prediktor digunakan uji Wald dengan:

Hipotesis:

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

$$H_1 : \beta_{tj} \neq 0$$

Statistik uji:

$$Z_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_{tj}}{se(\hat{\beta}_{tj})} \quad (2.27)$$

Dimana $se(\hat{\beta}_{tj})$ merupakan standar deviasi dari $\hat{\beta}_{tj}$.

Kriteria uji:

H_0 ditolak apabila nilai $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$, dimana α merupakan tingkat signifikansi.

Untuk menguji signifikansi parameter dispersi digunakan uji *score test* dengan (Cheon, Song, & Jung, 2009):

Hipotesis:

$$H_0 : \tau = 0$$

$$H_1 : \tau > 0$$

Statistik uji:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n [(Y_{1i} + Y_{2i} - \hat{\mu}_{1i} - \hat{\mu}_{2i})^2 - (Y_{1i} + Y_{2i})]}{\sqrt{2 \sum_{i=1}^n (\hat{\mu}_{1i} - \hat{\mu}_{2i})^2}} \quad (2.28)$$

Kriteria uji:

$$H_0 \text{ ditolak apabila nilai } T > \chi_{\alpha,1}^2.$$

2.7 Korelasi

Model regresi bivariat dapat digunakan pada pasangan data yang berkorelasi (Gurmu dan Elder, 2007). Pasangan data berkorelasi yang dimaksud yaitu data untuk variabel respon atau variabel dependen. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui kekuatan atau berapa besar hubungan antara dua variabel atau lebih. Koefisien korelasi merupakan indikator nilai pada hubungan linier antara dua variabel. Kuat lemahnya hubungan pada dua variabel dapat dilihat dari besar

kecilnya koefisien korelasi (Draper & Smith, 1992). Koefisien korelasi *rho-spearman* untuk Y_1 dan Y_2 adalah sebagai berikut:

$$rs = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2.29)$$

Keterangan:

rs : Koefisien korelasi *rho-spearman*

n : Banyaknya data

d : Selisih antar peringkat

Koefisien korelasi dapat bernilai positif, nol ataupun negatif (Famoye, 2010). Adanya nilai positif dan nilai negatif disebabkan karena nilai korelasi berkisar antara -1 hingga 1 . Kedua variabel memiliki hubungan yang erat apabila nilai korelasi mendekati -1 ataupun 1 . Kedua variabel tidak memiliki hubungan yang erat apabila nilai korelasinya 0 . Selain itu, dua variabel memiliki hubungan berbanding lurus apabila nilai korelasinya positif. Namun, apabila nilai korelasinya negatif maka dua variabel tersebut memiliki hubungan yang berbanding terbalik.

Uji korelasi antar variabel respon dapat dilakukan dengan:

Hipotesis:

H_0 : Tidak ada hubungan antara Y_1 dan Y_2

H_1 : Terdapat hubungan antara Y_1 dan Y_2

Statistik uji:

$$t = \frac{rs\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-rs^2}} \quad (2.30)$$

Kriteria uji:

H_0 ditolak apabila nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$.

2.8 Multikolinieritas

Multikolinieritas merupakan suatu kondisi dimana variabel prediktor memiliki korelasi dengan variabel prediktor lainnya. Dalam analisis regresi terdapat beberapa variabel prediktor yang memerlukan adanya pemenuhan asumsi yaitu tidak terjadinya multikolinieritas. Adanya multikolinieritas pada variabel prediktor dapat menyebabkan hasil taksiran parameter tidak akurat. Salah satu cara untuk mengetahui adanya multikolinieritas pada variabel prediktor adalah dengan melihat nilai *Variance Inflation Vector* atau VIF (Hocking, 1996). Nilai VIF dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2}, \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (2.31)$$

Dimana R_j^2 merupakan koefisien determinasi hasil regresi antara variabel prediktor ke- j dengan variabel prediktor yang lain. Multikolinieritas terjadi apabila nilai VIF yang dihasilkan adalah lebih dari 10 sehingga perlu dilakukan penanganan (Gujarati, 2004). Beberapa cara untuk mengatasi masalah multikolinieritas diantaranya yaitu dengan menghilangkan variabel prediktor yang berkorelasi, transformasi data, menambah data, menggunakan regresi ridge atau menggunakan *Principal Component Analysis* atau PCA (Rahmayanti & dkk, 2019).

2.9 Overdispersi

Overdispersi merupakan dimana nilai varians dari data lebih besar dari meannya yaitu $E(Y) < Var(Y)$ (Cullagh & Nelder, 1989). Pemeriksaan overdispersi dapat dilakukan dengan membagi nilai deviance dengan derajat

bebasnya. Apabila hasil nilai deviance dibagi dengan derajat bebas adalah lebih dari 1 maka menunjukkan bahwa nilai varians lebih besar dari mean yang artinya telah terjadi overdispersi. Persamaan *deviance* adalah sebagai berikut (Agresti, 2015):

$$Deviance = 2 \sum_{i=1}^n y_i \log \left(\frac{y_i}{\mu_t} \right) \quad (2.32)$$

Keterangan:

y_i : variabel respon dari pengamatan ke- i

n : banyak pengamatan

μ_t : rata-rata variabel respon

Selanjutnya, persamaan di atas dibagi dengan derajat bebasnya seperti pada persamaan berikut ini.

$$\tau = \frac{Deviance}{db} \quad (2.33)$$

Apabila nilai $\tau > 1$, maka data mengalami overdispersi. Apabila data mengalami overdispersi maka salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan regresi binomial negatif (Hilbe, 2011).

2.10 Kematian Ibu dan Kematian Neonatal

2.10.1 Kematian Ibu

Kematian Ibu menurut *World Health Organization* (WHO) adalah ibu yang meninggal pada saat hamil atau dalam kurun waktu 42 hari dari berakhirnya kehamilan, yang disebabkan karena terdapat masalah dalam kehamilan atau penanganannya, namun bukan disebabkan karena cedera atau kecelakaan (Kemenkes RI, 2014) (Budi Utomo, 1985). Salah satu indikator

untuk melihat tingkat pencapaian upaya kesehatan ibu adalah Angka Kematian Ibu (AKI). AKI adalah rasio kematian ibu pada masa hamil, persalinan, dan nifas yang disebabkan karena adanya masalah kehamilan, persalinan, dan nifas atau penanganannya, namun bukan karena adanya kecelakaan atau insiden lain di setiap 100.000 kelahiran hidup (Kemenkes RI, 2020). Secara umum, penyebab utama dari kematian ibu diantaranya pendarahan, hipertensi dalam kehamilan, infeksi, gangguan system peredaran darah, gangguan metabolic, dan lain-lain. Penyakit yang secara tidak langsung menjadi penyebab kematian ibu meliputi tuberkolusis, anemia, penyakit jantung, terkonfirmasi covid-19, dan lain-lain (Dinkes , 2021).

2.10.2 Kematian Neonatal

Kematian neonatal merupakan bayi yang meninggal pada usia di bawah 28 hari. Angka Kematian Neonatal (AKN) adalah jumlah bayi yang meninggal dalam periode 28 hari pertama kehidupan per 1000 kelahiran hidup dalam kurun waktu tertentu. Kematian neonatal disebabkan karena faktor endogen yaitu yang berhubungan dengan kehamilan (SDKI, 2012). Secara umum, penyebab kematian neonatal diantaranya berat badan lahir rendah (BBLR), asfiksia, *tetanus neonatorium*, sepsis, kelainan bawaan, dan lainnya (Dinkes, 2020).

2.11 Faktor-Faktor yang Diduga Berpengaruh terhadap Kasus Kematian

Ibu dan Kematian Neonatal

Variabel penelitian yang diduga berpengaruh terhadap kasus kematian ibu dan kematian neonatal di Provinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut:

1. Penduduk miskin

Penduduk miskin adalah penduduk dengan rata-rata pengeluaran per kapita per bulan berada di bawah garis kemiskinan. Kemiskinan diartikan sebagai ketidakmampuan untuk memenuhi kebutuhan dasar makanan (BPS, 2020).

2. Pelaksanaan kelas ibu hamil

Kelas ibu hamil merupakan suatu sarana bagi ibu dan keluarga untuk meningkatkan pengetahuan, sikap dan keterampilan mengenai kehamilan, perawatan kehamilan, persalinan, nifas, penyakit dan komplikasi saat hamil, bersalin dan nifas, perawatan bayi baru lahir, dan senam hamil menggunakan buku Kesehatan Ibu dan Anak (KIA) sebagai materi utama (Sasnitari & dkk, 2017).

3. Ibu hamil mengikuti imunisasi Td

Salah satu penyebab kematian ibu adalah infeksi tetanus. Kematian akibat infeksi tetanus terjadi karena proses persalinan yang tidak steril atau karena adanya luka pada ibu hamil sebelum melahirkan. Program imunisasi *Tetanus Toksoid Difteri* (Td) pada wanita usia subur dan ibu hamil merupakan upaya untuk mencegah terjadinya infeksi tetanus. Vaksinasi Td pada wanita usia subur diberikan sebanyak 5 dosis secara berkala. Pemberian vaksin dapat dilakukan sebelum dan atau saat hamil yang berguna untuk kekebalan seumur hidup (Kemenkes RI, 2020).

4. Fasilitas sanitasi layak

Fasilitas sanitasi layak diantaranya yaitu kloset jenis leher angsa yang dilengkapi dengan tempat pembuangan akhir tinja berupa tangka septik atau Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Fasilitas sanitasi dapat digunakan oleh rumah tangga sendiri atau dengan rumah tangga lain (BPS, 2020)

5. Tenaga kesehatan (Bidan)

Menurut Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2014, tenaga kesehatan adalah setiap orang yang memiliki pengetahuan dan atau keterampilan melalui pendidikan kesehatan jenis tertentu yang mengabdikan diri dalam bidang kesehatan dan memiliki kewenangan untuk melakukan upaya kesehatan. Pasal 1 butir 1 Permenkes No. 572/Menkes/Per/VI/1996 menyebutkan bahwa bidan adalah seseorang wanita yang telah mengikuti serta menyelesaikan pendidikan bidan yang telah diakui pemerintah dan lulus ujian sesuai persyaratan yang berlaku (Kemenkes RI, 2020).

2.12 Penyelesaian Masalah dalam Alqur'an

Masalah yang hadir dalam setiap kehidupan menuntut manusia untuk mengambil suatu keputusan atau solusi atas masalah tersebut. Dalam mengambil suatu keputusan haruslah merupakan keputusan atau solusi yang terbaik. Surah Ali-Imran ayat 159 telah menjelaskan mengenai sikap seorang muslim dalam menghadapi suatu masalah sebagai berikut:

فِيمَا رَحِمَةٍ مِّنَ اللَّهِ لِنْتَ لَهُمْ ؕ وَلَوْ كُنْتَ فَظًّا غَلِيظَ الْقَلْبِ لَانْفَضُّوا مِنْ حَوْلِكَ ؕ فَاعْفُ عَنْهُمْ وَاسْتَغْفِرْ لَهُمْ
وَشَاوِرْهُمْ فِي الْأَمْرِ فَإِذَا عَزَمْتَ فَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ ۗ إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُتَوَكِّلِينَ ١٥٩

Artinya: "Maka disebabkan rahmat dari Allah lah kamu berlaku lemah lembut terhadap mereka. Sekiranya kamu bersikap keras lagi berhati kasar,

tentulah mereka menjauhkan diri dari sekelilingmu. Karena itu maafkanlah mereka, mohonkanlah ampun bagi mereka, dan bermusyawaratlah dengan mereka dalam urusan itu. Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakkallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya” (QS Ali Imran:159).

Ayat di atas menerangkan mengenai bagaimana seorang muslim harus bersikap dalam menyelesaikan masalah yang dihadapinya. Ketika menghadapi suatu masalah, seorang muslim haruslah bersikap lemah lembut serta memohon kebaikan kepada Allah sehingga mendapatkan solusi atau jalan keluar. Setiap orang pasti pernah merasa kesulitan dalam mengatasi suatu permasalahan. Dalam Islam, manusia dianjurkan untuk bersikap optimis dalam mengatasi suatu permasalahan meskipun mengalami kesulitan. Allah menjanjikan kemudahan bagi orang-orang beriman yang berada dalam kesulitan. Dalam Surah Al Insyirah ayat 5-6 disebutkan bahwa:

فَقَانَ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۝ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ ٦

Artinya: “Maka sesungguhnya berserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan” (QS Al Insyirah:5-6).

Menurut Ibnu Katsir dalam Tafsir Ibnu Katsir, melalui Surah Al-Insyirah ayat 5-6 Allah memberitahukan kepada seluruh umat muslim bahwa setiap kesulitan pasti terdapat kemudahan. Dalam ayat tersebut umat muslim diperintahkan untuk mempercayai adanya pertolongan Allah. Apabila manusia memiliki jiwa yang semangat untuk keluar dari kesulitan atau permasalahan dan berusaha mencari jalan keluar menggunakan akal pikiran dengan bertawakkal kepada Allah, maka manusia akan keluar dan selamat dari kesulitan atau permasalahan tersebut. Meskipun terdapat banyak godaan, hambatan, dan rintangan yang datang, namun pada akhirnya manusia akan berhasil melewati kesulitan tersebut (Ibnu Katsir, 2004). Sebagaimana dalam hadis sahih:

“Diriwayatkan oleh Imam Ahmad dari sahabat Ibnu Abbas ra., Rasulullah saw bersabda: Ketahuilah sesungguhnya pada kesabaran terhadap apa yang engkau benci mempunyai kebaikan yang sangat layak. Dan sesungguhnya pertolongan itu bersama dengan kesabaran, kelapangan bersama kesusahan, dan bersama kesulitan itu ada kemudahan”. (HR. Ahmad 5/19 no:2803)

Al-Maraghi menjelaskan bahwa sesungguhnya tidak ada kesulitan yang tidak dapat diatasi, apabila manusia memiliki semangat dalam jiwanya untuk keluar dari kesulitan dan mencari solusi menggunakan akal pikiran yang benar dan bertawakal kepada Allah, maka niscaya akan keluar dari kesulitan (Ahmad Mustafa Al-Maraghi, 1986). Imam Malik ra meriwayatkan bahwa Abu ‘Ubaidah Ibn al-Jarrah sahabat Nabi Muhammad saw yang memimpin pasukan Islam dalam menghadapi Romawi pada masa pemerintahan ‘Umar Ibn Al-Khatthab, menyurati khalifah ‘Umar ra., ketika menjelaskan mengenai kekhawatirannya saat mengalami kesulitan melawan Romawi, maka jawaban yang diterima dari beliau adalah *“Bila seorang mukmin ditimpa suatu kesulitan, niscaya Allah akan menjadikan sesudah kesulitan itu kelapangan karena sesungguhnya satu kesulitan tidak akan mampu mengalahkan dua kelapangan”* (Shihab M. Q., 2002). Ibnu Jarir meriwayatkan dari al-Hasan, dia berkata: Nabi Muhammad saw pernah keluar rumah pada suatu hari dalam keadaan senang dan gembira, dan beliau juga dalam keadaan tertawa seraya bersabda: *“Satu kesulitan itu tidak akan pernah mengalahkan dua kemudahan, satu kesulitan itu tidak akan pernah mengalahkan dua kemudahan, karena bersama kesulitan itu pasti terdapat kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan itu terdapat kemudahan.”*

2.13 Kajian Topik dengan Teori Pendukung

Proses penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini, maka langkah pertama yang dilakukan yaitu mencari teori-teori relevan yang mendukung topik penelitian. Langkah selanjutnya yaitu pengumpulan data penelitian. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara membaca literatur atau sumber informasi mengenai studi kasus pada penelitian. Setelah data terkumpul, selanjutnya data dianalisis dengan statistik deskriptif. Data hasil analisis disajikan menggunakan diagram dan tabel yang kemudian diberikan pembahasan mengenai data-data yang digunakan baik data untuk variabel respon maupun data untuk variabel prediktor. Selanjutnya yaitu data untuk variabel respon diuji untuk mengetahui apakah data tersebut berdistribusi binomial negatif atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan bantuan *software EasyFit* dengan melihat nilai *kolmogorov smirnov*. Apabila hasil uji menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi binomial negatif maka perlu dilakukan pencarian atau pengumpulan data ulang. Namun apabila hasil uji menunjukkan data berdistribusi binomial negatif maka dapat dilanjutkan ke langkah selanjutnya yaitu uji asumsi. Terdapat dua uji asumsi dalam penelitian ini yaitu uji autokorelasi dan uji multikolinieritas. Pengujian ini dilakukan dengan bantuan *software SPSS* dengan melihat nilai Durbin Watson untuk uji autokorelasi dan nilai VIF untuk uji multikolinieritas. Sama halnya dengan uji binomial negatif, apabila hasil uji menunjukkan bahwa data mengalami autokorelasi atau multikolinieritas maka perlu dilakukan pengambilan data ulang. Apabila hasil uji menunjukkan data tidak mengalami autokorelasi dan atau multikolinieritas maka dapat dilakukan uji overdispersi. Uji overdispersi

dilakukan pada kedua variabel respon. Pengujian overdispersi ini perlu dilakukan karena terkait dengan topik penelitian. Apabila data mengalami overdispersi maka selanjutnya dapat dilakukan pemodelan menggunakan regresi binomial negatif bivariat. Pemodelan regresi binomial negatif bivariat dilakukan menggunakan *software RStudio*. Selanjutnya dilakukan pendugaan parameter terhadap hasil yang diperoleh. Pendugaan parameter dilakukan dengan cara serentak dan parsial, dimana tujuan dari pendugaan parameter ini yaitu untuk mengetahui variabel prediktor apa saja yang signifikan mempengaruhi kedua variabel respon. Langkah selanjutnya yaitu interpretasi atau penjelasan terhadap hasil model yang diperoleh. Langkah terakhir yaitu menyimpulkan. Kesimpulan penelitian ditulis dengan singkat, padat, dan jelas.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif. Penelitian kuantitatif yang dimaksud yaitu berupa penyusunan dan analisis data sesuai dengan aturan penelitian.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh melalui buku “Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah 2020” dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah melalui website <https://jateng.bps.go.id>. Data diambil pada hari Sabtu, 26 Februari 2022 pada pukul 09.00 WIB di tempat. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

No	Variabel	Keterangan
1.	y_1	Banyaknya kematian ibu
2.	y_2	Banyaknya kematian neonatal
3.	x_1	Banyaknya penduduk miskin
4.	x_2	Banyaknya puskesmas yang melaksanakan kelas ibu hamil
5.	x_3	Persentase ibu hamil yang mengikuti imunisasi Td
6.	x_4	Persentase rumah tangga dengan sanitasi layak
7.	x_5	Banyaknya tenaga kesehatan (bidan)

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kepustakaan atau dokumentasi dimana pengumpulan data atau informasi dilakukan dengan membaca dan mempelajari literatur atau sumber seperti buku dan jurnal yang berkaitan dengan penelitian untuk memperoleh data yang relevan.

3.4 Instrumen Penelitian

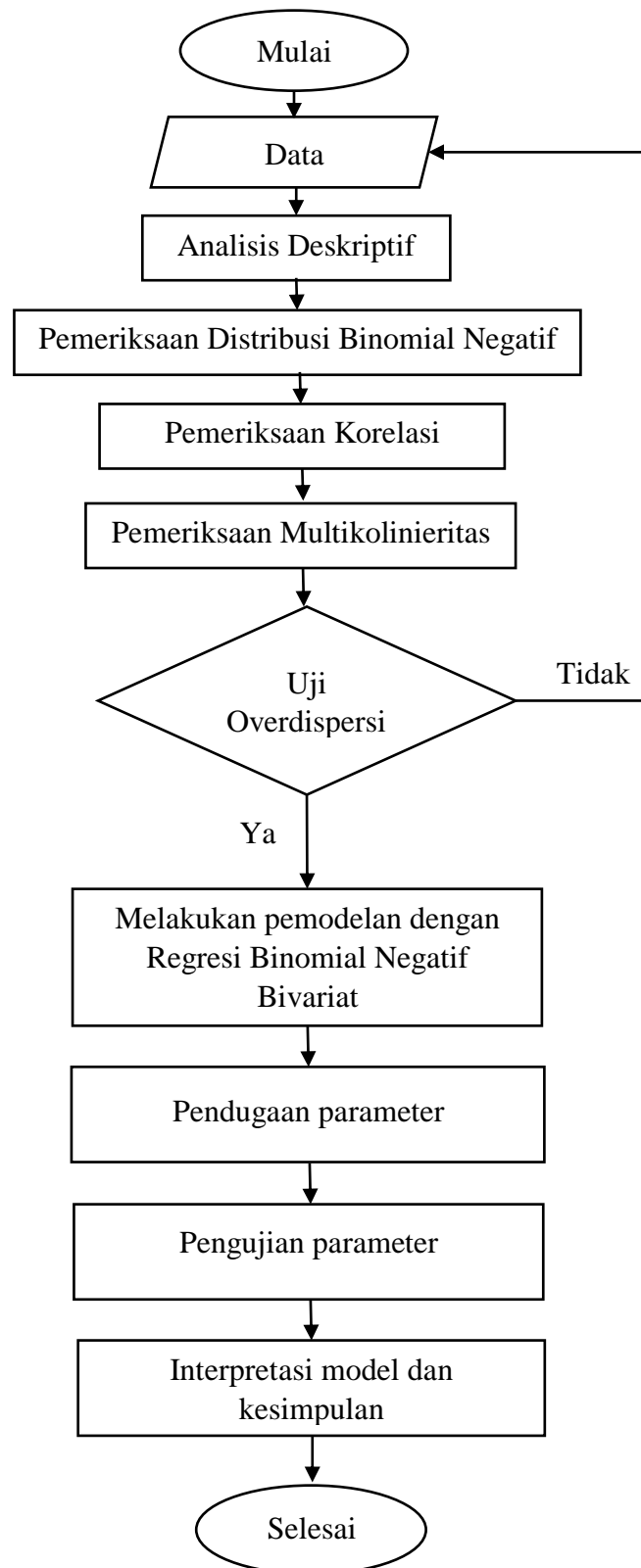
Penelitian ini menggunakan beberapa instrumen untuk memudahkan peneliti dalam melakukan analisis, diantaranya yaitu *Microsoft Excel*, *EasyFit*, *Statistical Product for the Social Sciences (SPSS)*, dan *RStudio*.

3.5 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan regresi binomial negatif bivariat dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat analisis deskriptif pada masing-masing variabel respon dan variabel prediktor.
2. Melakukan uji distribusi binomial negatif pada variabel respon.
3. Melakukan pemeriksaan korelasi antara variabel respon.
4. Melakukan pemeriksaan multikolinieritas pada variabel prediktor.
5. Melakukan uji overdispersi pada variabel respon.
6. Melakukan pemodelan regresi binomial negatif bivariat.
7. Melakukan interpretasi model.
8. Membuat kesimpulan dari hasil analisis.

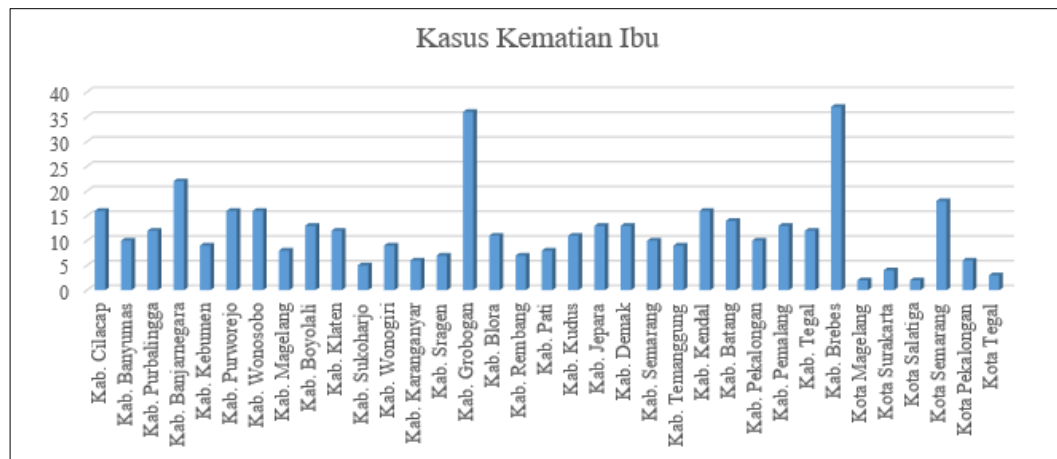
3.6 Flowchart



BAB IV PEMBAHASAN

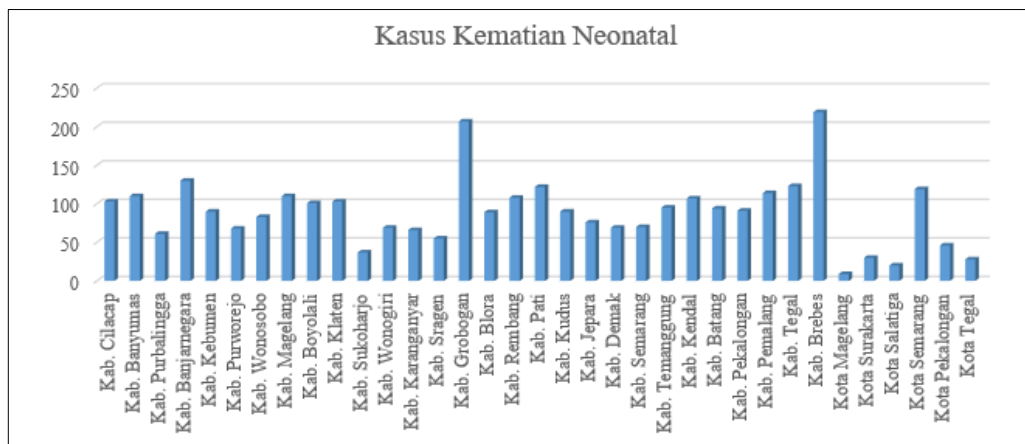
4.1 Analisis Deskriptif

Sebelum melakukan pemodelan menggunakan regresi binomial negatif bivariat, perlu dilakukan analisis deskriptif untuk mengetahui gambaran umum pada suatu penelitian. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui karakteristik kematian ibu dan kematian neonatal kabupaten/kota Provinsi Jawa Tengah 2019 dengan metode regresi binomial negatif bivariat. Hasil analisis adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Banyaknya Kematian Ibu Provinsi Jawa Tengah 2019

Pada Gambar 4.1 menunjukkan banyaknya kasus kematian ibu Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah tahun 2019. Grafik di atas menunjukkan bahwa banyaknya kasus kematian ibu di daerah kabupaten cenderung lebih tinggi. Kasus kematian ibu tertinggi berada di Kabupaten Brebes dengan jumlah kematian sebanyak 37. Sedangkan kasus kematian terendah berada di Kota Salatiga dengan jumlah kematian sebanyak 2.



Gambar 4.2 Banyaknya Kematian Neonatal Provinsi Jawa Tengah 2019

Pada Gambar 4.2 menunjukkan banyaknya kasus kematian neonatal Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah tahun 2019. Grafik di atas menunjukkan bahwa banyaknya kasus kematian neonatal di daerah kota cenderung lebih rendah. Kasus kematian neonatal tertinggi berada di Kabupaten Brebes dengan jumlah kematian sebanyak 219. Sedangkan kasus kematian terendah berada di Kota Magelang dengan jumlah kematian sebanyak 9. Data lengkap mengenai kematian ibu (Y_1) dan kematian neonatal (Y_2) Provinsi Jawa Tengah serta variabel-variabel prediktor yang diduga mempengaruhi kasus kematian ibu dan neonatal dapat dilihat pada lampiran 1. Hasil analisis variabel prediktor adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

Analisis Deskriptif					
Variabel	N	Mean	Std. Deviasi	Minimum	Maksimum
X_1	35	106,950	61,630	9,100	293,180
X_2	35	24,943	8,788	5	39
X_3	35	17,563	18,485	0,300	87,800
X_4	35	75,883	18,881	17,340	95,350
X_5	35	663,029	264,279	162	1380

Berdasarkan Tabel 4.1 variabel X_1 yaitu mengenai banyaknya penduduk miskin. Variabel penduduk miskin memiliki rata-rata sebesar 106,950 dan standar deviasi sebesar 61,630. Banyaknya penduduk miskin maksimum sebanyak 293,180 ribu penduduk berada di Kabupaten Brebes dan banyaknya penduduk miskin minimum sebanyak 9,1 ribu penduduk berada di Kota Magelang. Standar deviasi sebesar 61,630 menunjukkan bahwa rentang variasi banyaknya penduduk di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah cukup tinggi.

Pada variabel X_2 yaitu mengenai banyaknya puskesmas yang melaksanakan kelas ibu hamil diperoleh rata-rata sebesar 25. Banyaknya puskesmas yang melaksanakan kelas ibu hamil maksimum sebanyak 39 berada di Kabupaten Banyumas. Sedangkan banyaknya puskesmas yang melaksanakan kelas ibu hamil minimum sebanyak 5 berada di Kota Magelang. Standar deviasi yang diperoleh sebesar 8,788 menunjukkan bahwa rentang variasi banyaknya puskesmas yang melaksanakan kelas ibu hamil di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah cukup tinggi.

Pada variabel X_3 yaitu mengenai persentase ibu hamil yang mengikuti imunisasi Td diperoleh rata-rata sebesar 17,563. Persentase ibu hamil yang mengikuti imunisasi Td maksimum sebanyak 87,800 berada di Kabupaten Rembang. Sedangkan persentase ibu hamil yang mengikuti imunisasi Td minimum sebanyak 0,300 berada di Kabupaten Demak. Standar deviasi yang diperoleh sebesar 18,485 yang menunjukkan bahwa rentang variasi persentase ibu hamil yang mengikuti imunisasi Td di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah cukup rendah.

Pada variabel X_4 yaitu mengenai persentase rumah tangga dengan sanitasi layak diperoleh rata-rata sebanyak 75,883. Persentase rumah tangga dengan sanitasi layak maksimum sebanyak 95,350 berada di Kota Salatiga. Sedangkan persentase rumah tangga dengan sanitasi layak minimum sebanyak 17,340 berada di Kabupaten Wonosobo. Standar deviasi yang diperoleh sebesar 18,881 yang menunjukkan bahwa rentang variasi persentase rumah tangga dengan sanitasi layak di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah cukup tinggi.

Pada variabel X_5 yaitu mengenai banyaknya tenaga kesehatan (bidan) diperoleh rata-rata sebesar 663,028. Banyaknya tenaga kesehatan (bidan) maksimum sebanyak 1380 berada di Kabupaten Brebes. Sedangkan banyaknya tenaga kesehatan (bidan) minimum sebanyak 162 berada di Kota Magelang. Standar deviasi yang diperoleh sebesar 264,279 yang menunjukkan bahwa rentang variasi banyaknya tenaga kesehatan (bidan) di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah cukup tinggi.

4.2 Pemodelan Jumlah Kematian Ibu dan Jumlah Kematian Neonatal

4.2.1 Pemeriksaan Distribusi Binomial Negatif

Salah satu asumsi yang harus terpenuhi dalam regresi binomial negatif binomial bivariat yaitu sepasang variabel respon yang masing-masing berdistribusi binomial negatif, sehingga uji kesesuaian distribusi binomial negatif pada sepasang variabel respon perlu dilakukan. Hipotesis untuk uji kesesuaian distribusi binomial negatif pada variabel respon kasus kematian ibu (Y_1) adalah sebagai berikut:

$$H_0 : Y_1 \text{ berdistribusi binomial negatif}$$

$H_1 : Y_1$ tidak berdistribusi binomial negatif

Hasil uji kesesuaian distribusi binomial negatif dapat dilihat pada Lampiran 6. Berdasarkan perhitungan menggunakan *software EasyFit* diperoleh nilai statistik *Kolmogorov Smirnov* sebesar 0,157 dimana nilai kritis *Kolmogorov Smirnov* sebesar 0,224 dengan α sebesar 5%. Nilai statistik *Kolmogorov Smirnov* lebih kecil dari nilai kritis *Kolmogorov Smirnov*, sehingga dapat diambil keputusan terima H_0 atau dengan kata lain data kasus kematian ibu (Y_1) berdistribusi binomial negatif.

Hipotesis untuk uji kesesuaian distribusi binomial negatif pada variabel respon kasus kematian neonatal (Y_2) adalah sebagai berikut:

$H_0 : Y_2$ berdistribusi binomial negatif

$H_1 : Y_2$ tidak berdistribusi binomial negatif

Perhitungan uji kesesuaian distribusi binomial negatif yang dilakukan menggunakan *software EasyFit* (Lampiran 6) diperoleh hasil nilai statistik *Kolmogorov Smirnov* sebesar 0,220 dimana nilai kritis *Kolmogorov Smirnov* sebesar 0,224 dengan α sebesar 5%. Nilai statistik *Kolmogorov Smirnov* lebih kecil dari nilai kritis *Kolmogorov Smirnov*, sehingga dapat diambil keputusan terima H_0 atau dengan kata lain data kasus kematian neonatal (Y_2) berdistribusi binomial negatif.

4.2.2 Pemeriksaan Korelasi

Pemeriksaan korelasi pada variabel respon dapat diketahui dengan melakukan identifikasi nilai *rho-spearman*. Hipotesis untuk pemeriksaan korelasi adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada hubungan antara variabel Y_1 dan Y_2

H_1 : Terdapat hubungan antara variabel Y_1 dan Y_2

Dengan menggunakan software SPSS (Lampiran 7) diperoleh diperoleh nilai *rho-spearman* sebesar 0,639. Sehingga diperoleh nilai statistik uji,

$$t = \frac{rs\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-rs^2}} = \frac{0,639\sqrt{35-2}}{\sqrt{1-0,639^2}} = \frac{0,639\sqrt{33}}{\sqrt{0,408}} = 5,745$$

Dari hasil perhitungan nilai statistik uji maka diambil keputusan H_0 ditolak karena $t_{hitung} > t_{\frac{\alpha}{2}}$ dimana $5,745 > 2,032$. Artinya terdapat hubungan signifikan antara jumlah kasus kematian ibu dan jumlah kasus kematian neonatal. Nilai korelasi antara jumlah kasus kematian ibu dan jumlah kasus kematian neonatal bernilai positif yang berarti jumlah kasus kematian ibu dan jumlah kasus kematian neonatal memiliki hubungan yang searah, dimana jika jumlah kasus kematian ibu bertambah maka jumlah kasus kematian neonatal juga ikut bertambah.

4.2.3 Pemeriksaan Multikolinieritas

Pemeriksaan multikolinearitas pada variabel prediktor perlu dilakukan karena setiap variabel prediktor tidak boleh saling berkorelasi. Multikolinearitas dapat diketahui dengan melakukan identifikasi terhadap nilai *Variance Inflation Factors* (VIF) yang lebih besar dari 10. Berdasarkan hasil pemeriksaan multikolinieritas menggunakan software SPSS (Lampiran 8) diperoleh nilai VIF untuk masing-masing variabel prediktor adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Nilai VIF Variabel Prediktor

Variabel	Nilai VIF
X_1	4,308
X_2	2.503
X_3	1.035
X_4	1,235
X_5	3,734

Tabel 4.2 menunjukkan nilai VIF dari masing-masing variabel prediktor. Nilai VIF pada masing-masing variabel prediktor menunjukkan kurang dari 10 sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi multikolinearitas antar variabel prediktor dimana nilai VIF variabel banyaknya penduduk miskin (X_1) sebesar 4,308; nilai VIF variabel banyaknya puskesmas yang melaksanakan kelas ibu hamil (X_2) sebesar 2,503; nilai VIF variabel persentase ibu hamil yang mengikuti imunisasi Td (X_3) sebesar 1,035; nilai VIF variabel persentase rumah tangga dengan sanitasi layak (X_4) sebesar 1,235; dan nilai VIF variabel banyaknya tenaga kesehatan bidan (X_5) sebesar 3,734.

4.2.4 Pemeriksaan Overdispersi

Pada kasus kematian ibu dan kasus kematian neonatal, pemeriksaan overdispersi dapat dilihat dari nilai rata-rata atau mean dan varian. Pada Tabel 4.1 dan Lampiran 3 dapat diketahui bahwa untuk kasus kematian ibu (Y_1) diperoleh nilai mean sebesar 11,886 dan nilai varian sebesar 58,751 dimana nilai varian lebih besar dari nilai mean. Sedangkan untuk kasus kematian neonatal (Y_2) diperoleh nilai mean sebesar 88,910 dan nilai varian sebesar 1930,490 dimana nilai varian lebih besar dari nilai mean. Pemeriksaan overdispersi

(Lampiran 5) juga dapat dilakukan dengan menggunakan *deviance* sesuai dengan persamaan (2.34).

Tabel 4.3 Uji Overdispersi pada Model Regresi Binomial Negatif Bivariat

Variabel Respon	<i>Deviance</i>	db	<i>Deviance/db</i>
Y_1	63,371	29	2,185
Y_2	325,801	29	11,235

Nilai *deviance* dibagi dengan derajat bebas pada masing-masing variabel respon menunjukkan nilai lebih dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi overdispersi pada variabel respon jumlah kasus kematian ibu (Y_1) dan jumlah kasus kematian neonatal (Y_2).

4.2.5 Pemodelan Regresi Binomial Negatif Bivariat

Penggunaan model regresi yang kurang tepat pada data yang mengalami masalah overdispersi data menghasilkan parameter yang *underestimate* sehingga hasil yang diperoleh tidak valid. Model regresi binomial negatif bivariat merupakan model alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah overdispersi. Regresi binomial negatif bivariat dapat memodelkan data yang mengalami masalah overdispersi tanpa menghilangkan kondisi overdispersi pada data. Hal tersebut dikarenakan pada regresi binomial negatif bivariat memiliki parameter dispersi yang dapat mengakomodasi permasalahan overdispersi. Sehingga setelah pemeriksaan overdispersi dapat dilakukan pemodelan menggunakan regresi binomial negatif bivariat.

Penggunaan uji parameter secara serentak adalah untuk mengetahui apakah terdapat minimal satu variabel prediktor yang berpengaruh terhadap variabel respon sehingga model yang diperoleh layak digunakan atau tidak. Uji

parameter model regresi binomial negatif bivariat dilakukan dengan membandingkan nilai statistik uji yaitu *Likelihood Ratio Test* dengan nilai uji *Chi-Square*. Pengujian parameter secara serentak digunakan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{t1} = \beta_{t2} = \dots = \beta_{tp} = 0; t = 1, 2$$

$$H_1: \text{minimal terdapat satu } \beta_{tj} \neq 0; j = 1, 2, \dots, p$$

Berdasarkan Lampiran 10 diperoleh hasil perhitungan *Likelihood Ratio Test* sebesar 93,921. Apabila dibandingkan dengan nilai dari uji *Chi-Square* yaitu $\chi^2_{(0,05;11)} = 19,675$ maka nilai *Likelihood Ratio Test* > nilai *Chi-Square*, sehingga dapat diambil keputusan tolak H_0 yang artinya model regresi binomial negatif bivariat layak digunakan.

Setelah dilakukan uji serentak dengan hasil tolak H_0 maka selanjutnya dilakukan uji parameter secara parsial. Uji parameter parsial dilakukan untuk mengetahui variabel prediktor mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Pengujian parameter secara parsial pada kasus kematian ibu (Y_1) dan kasus kematian neonatal (Y_2) di Jawa Tengah digunakan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{tj} = 0; t = 1, 2; j = 1, 2, \dots, p$$

$$H_1: \beta_{tj} \neq 0$$

Hasil estimasi parameter kasus kematian ibu (Y_1) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Estimasi Parameter Kasus Kematian Ibu

Kasus Kematian Ibu					
Parameter	Koefisien	SE	Z_{score}	P_{value}	Keputusan
β_{10}	2,714	0,016	168,599	0,000	Tolak H_0
β_{11}	0,916	0,351	2,611	0,009	Tolak H_0
β_{12}	0,008	0,245	0,033	0,974	Terima H_0
β_{13}	-0,001	0,201	-0,006	0,995	Terima H_0
β_{14}	-1,567	0,338	-4,639	0,000	Tolak H_0
β_{15}	-0,599	0,261	-2,295	0,022	Tolak H_0

Tabel 4.4 menunjukkan hasil estimasi parameter kasus kematian ibu di Provinsi Jawa Tengah. Kriteria yang digunakan yaitu tolak H_0 apabila nilai P_{value} lebih kecil dari $\alpha = 5\%$. Berdasarkan hasil yang diperoleh, variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap model kasus kematian ibu di Provinsi Jawa Tengah yaitu banyaknya penduduk miskin (X_1), persentase rumah tangga dengan sanitasi layak (X_4), dan jumlah tenaga kesehatan (bidan) (X_5). Sehingga model yang diperoleh adalah:

$$\hat{\mu}_{Y_1} = \exp(2,714 + 0,916X_1 - 1,567X_4 - 0,599X_5)$$

Dari model kasus kematian ibu yang dihasilkan, menjelaskan bahwa pada setiap penambahan 1% jumlah penduduk miskin maka akan terjadi peningkatan pada kasus kematian ibu sebesar $\exp(0,916) = 2,499$ kali dari jumlah kasus kematian ibu semula. Setiap penambahan 1% rumah tangga dengan sanitasi layak maka akan terjadi penurunan pada kasus kematian ibu sebesar $\exp(-1,567) = 0,209$ kali dari jumlah kasus kematian ibu semula. Setiap penambahan 1% tenaga kesehatan (bidan) maka akan terjadi penurunan pada kasus kematian ibu sebesar $\exp(-0,599) = 0,552$ kali dari jumlah kasus kematian ibu semula.

Tabel 4.5 Hasil Estimasi Model Regresi Binomial Negatif Bivariat Kasus Kematian Ibu

No	Kab/Kota	Y_1	$\hat{\mu}_{Y_1}$	Nilai error
1	Kab. Cilacap	16	21	5
2	Kab. Banyumas	10	58	48
3	Kab. Purbalingga	12	80	68
4	Kab. Banjarnegara	22	1263	1241
5	Kab. Kebumen	9	12	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
35	Kota Tegal	3	2	0

Tabel 4.5 menunjukkan ketepatan hasil estimasi model regresi binomial negatif bivariat pada kasus kematian ibu (Lampiran 11), yaitu 18 dari 35 kabupaten/kota. Delapanbelas kabupaten/kota tersebut diantaranya kabupaten Cilacap, kabupaten Kebumen, kabupaten Boyolali, kabupaten Sukoharjo, kabupaten Wonogiri, kabupaten Karanganyar, kabupaten Sragen, kabupaten Rembang, kabupaten Rembang, kabupaten Pati, kabupaten Demak, kabupaten Semarang, kabupaten Pekalongan, kota Magelang, kota Surakarta, kota Salatiga, kota Pekalongan, dan kota Tegal.

Selanjutnya untuk hasil estimasi parameter pada kasus kematian neonatal (Y_2) dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Estimasi Parameter Kasus Kematian Neonatal

Kasus Kematian Neonatal					
Parameter	Koefisien	SE	Z_{score}	P_{value}	Keputusan
β_{20}	4,525	0,157	28,820	0,000	Tolak H_0
β_{21}	1,206	0,214	5,645	0,000	Tolak H_0
β_{22}	0,174	0,237	0,734	0,463	Terima H_0
β_{23}	-0,033	0,136	-0,240	0,810	Terima H_0
β_{24}	0,075	0,157	0,477	0,634	Terima H_0
β_{25}	-1,099	0,145	-7,561	0,000	Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan hasil yang diperoleh bahwa semua variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap model kasus kematian neonatal di Jawa Tengah diantaranya yaitu banyaknya penduduk miskin (X_1) dan banyaknya tenaga kesehatan yaitu bidan (X_5). Sehingga model yang diperoleh adalah:

$$\hat{\mu}_{Y_2} = \exp(4,525 + 1,206X_1 - 1,099X_5)$$

Dari model kasus kematian neonatal yang dihasilkan, menjelaskan bahwa pada setiap penambahan 1% jumlah penduduk miskin maka akan terjadi peningkatan pada kasus kematian neonatal sebesar $\exp(1,206) = 3,340$ kali dari jumlah kasus kematian neonatal semula. Setiap penambahan 1% jumlah tenaga kesehatan (bidan) maka akan terjadi penurunan pada kasus kematian neonatal sebesar $\exp(-1,099) = 3,001$ kali dari jumlah kasus kematian neonatal semula.

Tabel 4.7 Hasil Estimasi Model Regresi Regresi Binomial Negatif Bivariat Kasus Kematian Neonatal

No	Kab/Kota	Y_2	$\hat{\mu}_{Y_2}$	Nilai error
1	Kab. Cilacap	103	102	1
2	Kab. Banyumas	110	113	3
3	Kab. Purbalingga	61	285	224
4	Kab. Banjarnegara	130	106	24
5	Kab. Kebumen	90	130	40
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
35	Kota Tegal	28	75	47

Tabel 4.7 menunjukkan ketepatan hasil estimasi model regresi binomial negatif bivariat pada kasus kematian neonatal (Lampiran 11), yaitu 15 dari 35 kabupaten/kota. Lima belas kabupaten/kota tersebut yaitu kabupaten Cilacap, kabupaten Banyumas, kabupaten Purworejo, kabupaten Boyolali, kabupaten Sukoharjo, kabupaten Karanganyar, kabupaten Sragen, kabupaten Rembang, kabupaten Jepara, kabupaten Semarang, kabupaten Temanggung, kabupaten Batang, kabupaten Pekalongan, kabupaten Surakarta, dan kota Pekalongan.

Model regresi yang diperoleh pada kasus kematian ibu dan kematian neonatal menunjukkan bahwa banyaknya penduduk miskin berpengaruh signifikan terhadap kasus kematian ibu dan kematian neonatal karena penduduk miskin merupakan gambaran kesejahteraan masyarakat. Semakin banyak jumlah penduduk miskin maka semakin banyak penduduk yang tidak dapat mengakses biaya kesehatan khususnya dalam hal biaya dalam masa kehamilan dan persalinan, sehingga resiko kematian ibu dan kematian neonatal semakin besar. Banyaknya rumah tangga dengan sanitasi layak berpengaruh signifikan terhadap kasus kematian ibu. Adanya sanitasi layak dapat berpengaruh terhadap

kesehatan ibu yang sedang hamil maupun bagi bayi. Semakin banyak rumah tangga dengan sanitasi layak maka jumlah kasus kematian ibu akan semakin berkurang. Banyaknya tenaga kesehatan khususnya bidan berpengaruh signifikan terhadap kasus kematian ibu dan kematian neonatal. Bertambahnya jumlah bidan dapat menurunkan jumlah kasus kematian ibu dan kematian neonatal. Hal ini sesuai dengan yang tercantum dalam buku “Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah 2020” dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah.

4.3 Penerapan Regresi Binomial Negatif Bivariat dalam Pandangan Islam

Setiap umat manusia memiliki masalah yang berbeda-beda sehingga cara menyelesaikan masalah setiap umat manusia pun juga berbeda-beda. Allah swt telah menjelaskan mengenai cara manusia bersikap dalam menghadapi masalah. Setiap umat manusia diperintahkan untuk berusaha semaksimal mungkin untuk mencari jalan keluar dari permasalahan yang dihadapi. Seperti pada firman Allah swt dalam surah Al-Insyirah ayat 5-6, dapat diambil pelajaran bahwa selama manusia mau berusaha untuk mencari jalan keluar dari masalah yang ia hadapi, maka Allah swt akan memberikan kemudahan. Allah swt tidak akan memberikan masalah kepada umat manusia tanpa adanya jalan keluar. Sehingga umat manusia tidak dianjurkan untuk menyerah dan berputus asa dalam menghadapi suatu masalah. Hal ini dikarenakan dibalik kesulitan yang diberikan, Allah telah menjanjikan kemudahan dan jalan keluar bagi umat manusia yang mau berusaha dan berdoa. Tugas manusia dalam menghadapi segala masalah adalah berusaha untuk menemukan jalan keluar.

Penerapan model regresi yang tidak sesuai dengan kondisi data dapat menyebabkan hasil yang *underestimate* sehingga kesimpulan yang diperoleh tidak valid. Masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah kondisi *overdispersi* pada data dimana nilai varians pada data penelitian lebih besar dari nilai rata-ratanya. Masalah tersebut sering ditemukan pada suatu penelitian menggunakan model regresi poisson. Setiap model regresi memiliki karakteristik data yang berbeda-beda. Pada data yang diolah menggunakan model regresi poisson harus memenuhi kondisi *equidispersi* dimana nilai varians dan rata-ratanya sama. Namun faktanya kondisi *equidispersi* jarang terpenuhi. Kondisi lain yang sering terjadi pada data analisis diskrit yaitu adanya masalah *overdispersi*. Masalah *overdispersi* dapat diatasi dengan model regresi binomial negatif bivariat. Peran regresi binomial negatif bivariat adalah memodelkan data tanpa menghilangkan kondisi *overdispersi* tersebut. Dalam regresi binomial negatif bivariat ini terdapat parameter dispersi yang menjadikan data dengan kondisi *overdispersi* dapat diolah secara langsung tanpa menghilangkan kondisi *overdispersinya*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Famoye pada tahun 2010 diperoleh hasil bahwa dalam memodelkan data yang memiliki masalah *overdispersi*, regresi binomial negatif bivariat lebih baik dibandingkan dengan regresi poisson bivariat. Penelitian tersebut membuktikan bahwa regresi binomial negatif bivariat merupakan jalan keluar dalam menghadapi masalah *overdispersi*. Hal ini juga menjelaskan bahwa pemecahan masalah dengan menggunakan regresi binomial negatif bivariat menjadi salah satu janji Allah swt, bahwa setiap masalah pasti terdapat jalan keluarnya.

Kasus kematian ibu dan kematian neonatal dapat diambil pelajaran mengenai pentingnya menjaga kesehatan. Kesehatan menjadi hal yang sangat perlu diperhatikan, karena jika orang sehat maka ia kuat. Orang yang memiliki kesehatan yang baik maka ia akan memiliki kekuatan yang baik. Orang yang kuat lebih disenangi oleh Allah daripada orang yang lemah, sebagaimana sabda Rasulullah: *“Seorang mukmin yang kuat lebih baik dan lebih disayangi Allah daripada mukmin yang lemah; dan pada keduanya ada kebaikan”* (HR. Muslim). Selain itu, adanya pandemi pada sekarang ini juga dapat mengakibatkan bertambahnya kasus kematian ibu dan neonatal. Maka diperlukan kewaspadaan dan menjauhkan diri dari wabah penyakit, sebagaimana sabda Rasulullah: *“Jika kalian mendengar wabah (penyakit) menjangkiti suatu negeri, maka janganlah kalian menuju ke sana, namun jika dia menjangkiti suatu negeri dan kalian berada di dalamnya, maka janganlah kalian keluar dan lari darinya”* (Shahih Bukhari, 5289).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di Bab 4, maka dapat diambil kesimpulan bahwa regresi binomial negatif bivariat dapat digunakan untuk mengatasi masalah overdispersi karena pada regresi binomial negatif bivariat terdapat parameter dispersi. Penerapan regresi binomial negatif pada data kasus kematian ibu dan kematian neonatal di Jawa Tengah diperoleh hasil bentuk model regresi binomial negatif bivariat sebagai berikut:

$$\hat{\mu}_{Y_1} = \exp(2,714 + 0,916X_1 - 1,567X_4 - 0,599X_5)$$

$$\hat{\mu}_{Y_2} = \exp(4,525 + 1,206X_1 - 1,099X_5)$$

Berdasarkan model yang diperoleh menunjukkan bahwa variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap kasus kematian ibu dan neonatal di Jawa Tengah adalah penduduk miskin dan tenaga kesehatan (bidan). Semakin bertambahnya jumlah penduduk miskin, maka jumlah kasus kematian ibu dan kematian neonatal juga akan bertambah. Semakin bertambahnya jumlah tenaga kesehatan (bidan), maka jumlah kasus kematian ibu dan neonatal akan semakin berkurang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya:

1. Penelitian dapat dilakukan menggunakan metode lain yang lebih bagus untuk mengatasi masalah yang berkaitan sehingga diperoleh hasil yang lebih baik dan akurat.
2. Adanya penambahan variabel prediktor lainnya yang lebih bagus sehingga diperoleh model yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeliana. (2017). *Estimasi Parameter Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression dengan Pembobot Fixed Bisquare Kernel*. Malang: Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Agresti, A. (2015). *Foundation of Linear and Generalized Linear Models*. New Jersey: Wiley and Sons, Inc.
- Ahmad Mustafa Al-Maraghi. (1986). *Tafsir al-Maraghi ter. Bahrin Abubakar*. Semarang: Toha Putra.
- Aida, L. N. (2021). *Pemodelan Penyakit Campak di Provinsi Jawa Timur dengan Regresi Hurdle Negative Binomial*. Malang: Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Maulana Malik Ibrahim.
- Andriyani. (2019). Kajian Literatur pada Makanan dalam Perspektif Islam dan Kesehatan. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 15, 178-198.
- Astuti, E. T., & Yanagawa, T. (2002). Testing Trend for Count Data with Extra Poisson Variability. *Biometric*, 58, 398-402.
- Bain, L. J. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*. USA: Duxbury Thomson Learning.
- Black, R., Walker, N., Laxminarayan, & Temmerman, M. (2016). *Reproductive, Maternal, Newborn, and Child Health*. An Overview.
- Boswell, M., & Patil, G. (1970). *Chance Mechanisms Generating The Negative Binomial Distribution, In Random Counts In Models and Structures*. University Park: Pennsylvania State University Press.
- Brandt, K. G., & da Silva, G. A. (2015). Diarreia Aguda: Manejo Baseado Em Evidencias. *Journal de pediatria*, 6, S36-S43.
- Cheon, S., Song, S., & Jung, B. (2009). Test For Independence in a Bivariate Negative Binomial Model. *Journal of The Korean Statistical*, 38, 185-190.
- Cullagh, P. M., & Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models* (2nd ed.). London: Chapman and Hall.
- Departemen Agama RI. (2015). *Al-Qur'an Terjemahan*. Jakarta: CV. Darus Sunnah.
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. (2018). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur Tahun 2017*. Surabaya: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur.

- Draper, N., & Smith, H. (1992). *Applied Regression Analysis* (2nd ed.). New York: John Wiley and Sons Inc.
- Edy, W., & Putri, M. A. (2018). Analisis Faktor Penyebab Penyakit DBD di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Binomial Negatif. *Jurnal Kesehatan Vokalisasi*, 3, 1-6.
- Famoye, F. (2010). On The Bivariate Negative Binomial regression Model. *Journal of Applied Statistics*, 37, 969-981.
- Firdaus, M. (2004). *Ekonometrika Suatu Pendekatan Aplikatif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Greene, W. (2008). Functional Form For The Negative Binomial Model For Count Data. *Economics Letter*, 99, 585-590.
- Gujarati, D. (2004). *Basic Econometrics* (4th ed.). USA: Department of Social Sciences, Naval Academy at West Point.
- Gurmu, S., & Elder, J. (2000). Generalized Bivariate Count Data Regression Models. *Economics Letter*, 68, 31-36.
- Hamka. (2015). *Tafsir Al-Azhar Jilid 1*. Jakarta: Gema Insani.
- Hilbe, M. (2011). *Negative Binomial Regression* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Hinde, J., & Dem'estrio, C. (1998). Overdispersion: Models and Estimation. *Computational Statistics and Data Analysis*, 151-170.
- Hocking, R. (1996). *Methods and Application of Linier Models*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Ibnu Katsir. (2004). Tafsir Al-Qur'an Ibnu Katsir. In *Terj. dari Tafsir Al-Qur'an Ibnu Katsir oleh Abdurrahman Bin Muhammad*. Bogor: Pustaka Imam Syafi'i 2004.
- Johnson, N., Kotz, S., & Kemp, A. (1992). *Univariate Discrete Distribution*. New York: The Willey Interscience Publication.
- Kawamura, K. (1973). *The Structure of Bivariate Poisson Distribution*. Kodai Math. Sem, Rep.
- Kemenkes RI. (2019). *Profil Kesehatan Indonesia 2018*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kemenkes RI. (2020). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2019*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Liu, F., & Pitt, D. (2017). Application of Bivariate Negative Binomial Regression Model in Analysing Insurance Count Data. *Annals of Actuarial Science*, 11, 390-411.

- Muhibah, I. (2020). *Regresi Binomial Negatif pada Kasus Tuberkolosis Provinsi Jawa Timur Menggunakan Estimator Spline Truncated*. Malang: Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Myers, R. H., & dkk. (2010). *Generalized Linier Models with Applications in Engineering and the Sciences*. Canada: A John Wiley & Sons.
- Sasniari, N. N., & dkk. (2017). Hubungan Keikutsertaan Ibu dalam Kelas Ibu Hamil dengan Pengetahuan dan Sikap terhadap Tanda Bahaya dalam Kehamilan di Kota Bogor. *Jurnal Kesehatan Reproduksi*, 175-185.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an* (Vol. 15). Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, Q. (2001). *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Tohari, A., & dkk. (2019). Modeling of HIV and AIDS in Indonesia Using Bivariate Negative Binomial Regression. *Materials Science and Engineering*, 1-6.
- Wilson, L., Folks, J., & Young, J. (1984). Multisgate Compared with Fixed-Sample-Zize Estimation of the Negative Binomial Parameter k. *Biometrics*, 109-117.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Variabel Penelitian

No	Kabupaten/Kota	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	Kab. Cilacap	16	103	185,180	34	0,600	75,510	1037
2	Kab. Banyumas	10	110	211,650	39	41,200	67,060	1085
3	Kab. Purbalingga	12	61	140,070	22	5,700	64,870	557
4	Kab. Banjarnegara	22	130	136,100	35	8,300	24,070	667
5	Kab. Kebumen	9	90	201,340	35	4,200	85,180	1031
6	Kab. Purworejo	16	68	82,170	27	0,800	66,750	630
7	Kab. Wonosobo	16	83	131,350	24	12,400	17,340	433
8	Kab. Magelang	8	110	137,450	29	4,900	63,150	530
9	Kab. Boyolali	13	101	93,750	25	6,900	79,480	562
10	Kab. Klaten	12	103	144,140	34	12,500	92,850	653
11	Kab. Sukoharjo	5	37	63,550	12	33,200	94,930	658
12	Kab. Wonogiri	9	69	98,280	34	23,300	85,630	506
13	Kab. Karanganyar	6	66	84,460	21	4,700	90,600	629
14	Kab. Sragen	7	55	113,830	25	5,100	89,610	884
15	Kab. Grobogan	36	207	161,920	30	26,700	86,120	816
16	Kab. Blora	11	89	97,860	26	11,400	83,490	735
17	Kab. Rembang	7	108	95,260	17	87,800	90,080	502
18	Kab. Pati	8	122	118,980	29	27,500	88,930	933
19	Kab. Kudus	11	90	58,000	19	38,800	84,480	716
20	Kab. Jepara	13	76	83,470	21	23,000	51,380	588
21	Kab. Demak	13	69	137,600	27	0,300	85,900	658
22	Kab. Semarang	10	70	73,900	26	2,800	72,390	591
23	Kab. Temanggung	9	95	72,570	25	52,500	45,720	512
24	Kab. Kendal	16	107	91,200	30	15,600	82,640	666
25	Kab. Batang	14	94	64,070	21	5,900	50,280	533
26	Kab. Pekalongan	10	91	87,010	27	16,500	75,190	474
27	Kab. Pemasang	13	114	200,670	25	15,600	71,840	944
28	Kab. Tegal	12	123	109,940	29	15,100	80,390	1141
29	Kab. Brebes	37	219	293,180	38	9,500	70,600	1380
30	Kota Magelang	2	9	9,100	5	0,400	81,380	162
31	Kota Surakarta	4	30	45,180	17	50,000	89,390	558
32	Kota Salatiga	2	20	9,210	6	18,000	95,350	200
33	Kota Semarang	18	119	71,970	37	11,700	95,320	592
34	Kota Pekalongan	6	46	20,210	14	18,100	90,220	340
35	Kota Tegal	3	28	18,640	8	3,700	87,800	303

Lampiran 2: Hasil Standarisasi Data Variabel Prediktor

No	Kabupaten/Kota	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	Kab. Cilacap	1,088	1,046	-0,931	-0,020	1,134
2	Kab. Banyumas	1,724	1,623	2,897	-0,474	1,620
3	Kab. Purbalingga	0,545	-0,340	-0,651	-0,592	-0,407
4	Kab. Banjarnegara	0,080	1,161	-1,908	-2,784	0,015
5	Kab. Kebumen	1,554	1,161	-0,733	0,500	1,413
6	Kab. Purworejo	-0,408	0,237	-0,920	-0,491	-0,127
7	Kab. Wonosobo	0,402	-0,109	-0,283	-3,146	-0,883
8	Kab. Magelang	0,502	0,468	-0,695	-0,684	-0,511
9	Kab. Boyolali	-0,217	0,007	-0,585	0,193	-0,288
10	Kab. Klaten	0,612	1,046	-0,278	0,912	-0,039
11	Kab. Sukoharjo	-0,714	-1,494	0,858	1,023	-0,019
12	Kab. Wonogiri	-0,143	1,046	0,315	0,524	-0,603
13	Kab. Karanganyar	-0,370	-0,455	-0,706	0,791	-0,131
14	Kab. Sragen	0,113	0,007	-0,684	0,738	0,708
15	Kab. Grobogan	0,905	0,584	0,502	0,55	0,587
16	Kab. Blora	-0,150	0,122	0,338	0,409	0,276
17	Kab. Rembang	-0,192	-0,917	3,855	0,763	-0,506
18	Kab. Pati	0,198	0,468	0,545	0,701	1,036
19	Kab. Kudus	-0,806	-0,686	1,166	0,462	0,103
20	Kab. Jepara	-0,387	-0,455	0,298	-1,317	-0,288
21	Kab. Demak	0,505	0,237	-0,948	0,538	-0,019
22	Kab. Semarang	-0,544	0,122	-0,810	-0,188	-0,277
23	Kab. Temanggung	-0,566	0,007	1,918	-1,621	-0,680
24	Kab. Kendal	-0,259	0,584	-0,708	0,363	0,011
25	Kab. Batang	-0,706	-0,455	-0,640	-1,376	-0,799
26	Kab. Pekalongan	-0,328	0,237	-0,058	-0,037	-0,326
27	Kab. Pemasang	1,543	0,007	-0,108	-0,217	2,287
28	Kab. Tegal	0,049	0,468	-0,135	0,242	1,835
29	Kab. Brebes	3,066	1,507	-0,443	-0,284	2,753
30	Kota Magelang	-1,611	-2,302	-0,942	0,295	-1,924
31	Kota Surakarta	-1,017	-0,917	1,780	0,726	-0,203
32	Kota Salatiga	-1,609	-2,187	0,024	1,046	-1,778
33	Kota Semarang	-0,576	1,392	-0,322	1,044	-0,273
34	Kota Pekalongan	-1,428	-1,263	0,029	0,770	-1,030
35	Kota Tegal	-1,454	-1,956	-0,761	0,640	-1,382

Lampiran 3: Output Statistik Deskriptif Variabel Respon

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
y1	35	2.00	37.00	11.8857	7.66494	58.751
y2	35	9.00	219.00	88.9143	43.93737	1930.492
Valid N (listwise)	35					

Lampiran 4: Output Statistik Deskriptif Variabel Prediktor

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
x1	35	9.10	293.18	106.9503	61.63019
x2	35	5.00	39.00	24.9429	8.78817
x3	35	.30	87.80	17.5629	18.48480
x4	35	17.34	95.35	75.8834	18.88124
x5	35	162.00	1380.00	663.0286	264.27887
Valid N (listwise)	35				

Lampiran 5: Perhitungan *Deviance* untuk Pemeriksaan Overdispersi

No	Y_1	$\left(\frac{y_1}{\mu_1}\right)$	$\log\left(\frac{y_1}{\mu_1}\right)$	$y_1 \log\left(\frac{y_1}{\mu_1}\right)$	No	Y_2	$\left(\frac{y_2}{\mu_2}\right)$	$\log\left(\frac{y_2}{\mu_2}\right)$	$y_2 \log\left(\frac{y_2}{\mu_2}\right)$
1	16	1.3462	0.1291	2.0655	1	103	1.1584	0.0639	6.5782
2	10	0.8413	-0.0750	-0.7503	2	110	1.2371	0.0924	10.1663
3	12	1.0096	0.0042	0.0499	3	61	0.6861	-0.1636	-9.9821
4	22	1.8510	0.2674	5.8827	4	130	1.4621	0.1650	21.4463
5	9	0.7572	-0.1208	-1.0870	5	90	1.0122	0.0053	0.4744
6	16	1.3462	0.1291	2.0655	6	68	0.7648	-0.1165	-7.9195
7	16	1.3462	0.1291	2.0655	7	83	0.9335	-0.0299	-2.4812
8	8	0.6731	-0.1719	-1.3755	8	110	1.2371	0.0924	10.1663
9	13	1.0938	0.0389	0.5059	9	101	1.1359	0.0553	5.5903
10	12	1.0096	0.0042	0.0499	10	103	1.1584	0.0639	6.5782
11	5	0.4207	-0.3761	-1.8803	11	37	0.4161	-0.3808	-14.0885
12	9	0.7572	-0.1208	-1.0870	12	69	0.7760	-0.1101	-7.5984
13	6	0.5048	-0.2969	-1.7812	13	66	0.7423	-0.1294	-8.5422
14	7	0.5889	-0.2299	-1.6095	14	55	0.6186	-0.2086	-11.4735
15	36	3.0288	0.4813	17.3260	15	207	2.3281	0.3670	75.9688
16	11	0.9255	-0.0336	-0.3700	16	89	1.0010	0.0004	0.0372
17	7	0.5889	-0.2299	-1.6095	17	108	1.2147	0.0845	9.1208
18	8	0.6731	-0.1719	-1.3755	18	122	1.3721	0.1374	16.7614
19	11	0.9255	-0.0336	-0.3700	19	90	1.0122	0.0053	0.4744
20	13	1.0938	0.0389	0.5059	20	76	0.8548	-0.0682	-5.1800
21	13	1.0938	0.0389	0.5059	21	69	0.7760	-0.1101	-7.5984
22	10	0.8413	-0.0750	-0.7503	22	70	0.7873	-0.1039	-7.2711
23	9	0.7572	-0.1208	-1.0870	23	95	1.0684	0.0288	2.7314
24	16	1.3462	0.1291	2.0655	24	107	1.2034	0.0804	8.6041
25	14	1.1779	0.0711	0.9954	25	94	1.0572	0.0242	2.2707
26	10	0.8413	-0.0750	-0.7503	26	91	1.0235	0.0101	0.9164
27	13	1.0938	0.0389	0.5059	27	114	1.2821	0.1079	12.3044
28	12	1.0096	0.0042	0.0499	28	123	1.3834	0.1409	17.3348
29	37	3.1130	0.4932	18.2475	29	219	2.4630	0.3915	85.7325
30	2	0.1683	-0.7740	-1.5480	30	9	0.1012	-0.9947	-8.9526
31	4	0.3365	-0.4730	-1.8919	31	30	0.3374	-0.4719	-14.1555
32	2	0.1683	-0.7740	-1.5480	32	20	0.2249	-0.6479	-12.9588
33	18	1.5144	0.1802	3.2444	33	119	1.3384	0.1266	15.0625
34	6	0.5048	-0.2969	-1.7812	34	46	0.5174	-0.2862	-13.1658
35	3	0.2524	-0.5979	-1.7937	35	28	0.3149	-0.5018	-14.0508
μ_1	11.8857	$\sum_{i=1}^n y_1 \log\left(\frac{y_1}{\mu_1}\right)$	31.6855	μ_2	88.9143	$\sum_{i=1}^n y_2 \log\left(\frac{y_2}{\mu_2}\right)$	162.9009		
		<i>Deviance</i>	63.3710			<i>Deviance</i>	325.8018		

Lampiran 6: Output Pengujian Distribusi Binomial Negatif

Output Pengujian Distribusi Binomial Negatif pada Y_1

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=-1 b=24
2	Geometric	p=0.07761
3	Logarithmic	$\theta=0.97858$
4	Neg. Binomial	n=3 p=0.20826
5	Poisson	$\lambda=11.886$
6	Bernoulli	No fit (data max > 1)
7	Binomial	No fit
8	Hypergeometric	No fit

Neg. Binomial [#4]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	35				
Statistic	0.15645				
P-Value	0.32392				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	0.17659	0.20185	0.22425	0.25073	0.26897
Reject?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	35				
Statistic	1.1661				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Reject?	No	No	No	No	No

Output Pengujian Distribusi Binomial Negatif pada Y_2

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=14 b=163
2	Geometric	p=0.01112
3	Logarithmic	$\theta=0.99823$
4	Neg. Binomial	n=4 p=0.04741
5	Poisson	$\lambda=88.914$
6	Bernoulli	No fit (data max > 1)
7	Binomial	No fit
8	Hypergeometric	No fit

Neg. Binomial [#4]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	35				
Statistic	0.21957				
P-Value	0.05815				
Rank	2				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	0.17659	0.20185	0.22425	0.25073	0.26897
Reject?	Yes	Yes	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	35				
Statistic	1.9656				
Rank	1				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Reject?	Yes	Yes	No	No	No

Lampiran 7: Output Uji Korelasi

Correlations

			Y1	Y2
Spearman's rho	Y1	Correlation Coefficient	1.000	.639**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	35	35
	Y2	Correlation Coefficient	.639**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.
		N	35	35

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Lampiran 8: Output Uji Multikolinieritas

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	6.107	5.935		1.029	.312		
	x1	.043	.035	.347	1.228	.229	.232	4.308
	x2	.219	.188	.251	1.166	.253	.400	2.503
	x3	-.024	.057	-.057	-.415	.681	.967	1.035
	x4	-.068	.061	-.167	-1.104	.279	.810	1.235
	x5	.002	.008	.066	.250	.804	.268	3.734

a. Dependent Variable: y1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	5.234	28.089		.186	.853		
	x1	.221	.166	.310	1.330	.194	.232	4.308
	x2	1.892	.889	.378	2.129	.042	.400	2.503
	x3	.425	.272	.179	1.566	.128	.967	1.035
	x4	-.166	.291	-.071	-.572	.571	.810	1.235
	x5	.027	.036	.163	.753	.458	.268	3.734

a. Dependent Variable: y2

Lampiran 9: Syntax R

```

dataskripsi=read.table("E:\\datapenelitian.txt",header=TRUE)
data<-as.matrix(dataskripsi)
y1=dataskripsi[,1]
y2=dataskripsi[,2]
x=dataskripsi[,3:7]

BNBR=function(respons1,respons2,covariate)
{
  y1=as.matrix(respons1)
  y2=as.matrix(respons2)

  n=nrow(y1)
  x=as.matrix(cbind(rep(1,n),covariate))
  p=ncol(x)

  start=c(-1,rep(0,(p-1)),0.5,-1,rep(0,(p-1)),0.5,0)

  A=matrix(nrow=1,ncol=1)
  param=matrix(nrow=2*(p+1)+1,ncol=1)
  signif=matrix(nrow=2*(p+1)+1,ncol=1)
  d=1-exp(-1)

  Q=function(param)
  {
    be1=as.matrix(param[1:p])
    be2=as.matrix(param[(p+2):(2*p+1)])
    miyu1=exp(x%%be1)
    miyu2=exp(x%%be2)

    a11=param[(p+1)]
    a12=param[(2*p+2)]
    lambda=param[(2*(p+1)+1)]

    c1=(1+d*a11*miyu1)^(1/a11)
    c2=(1+d*a12*miyu2)^(1/a12)

    for(i in 1:n)
    {
      A[i]=lgamma(a11^(-1)+y1[i])-lgamma(a11^(-1))-lgamma(y1[i]+1)+
        y1[i]*log(miyu1[i])-a11^(-1)*log(a11)-(y1[i]+a11^(-1))*log(a11^(-1)+
        miyu1[i])+lgamma(a12^(-1)+y2[i])-lgamma(a12^(-1))-lgamma(y2[i]+1)+
        y2[i]*log(miyu2[i])-a12^(-1)*log(a12)-(y2[i]+a12^(-1))*log(a12^(-1)+
        miyu2[i])+log(1+lambda*(exp(-y1[i])-c1[i])*(exp(y2[i])-c2[i]))
    }
    Q=sum(A)
  }
  fit=optim(start,Q,control=list(fnscale=-1,maxit=10000),hessian=TRUE)
  parameter=as.matrix(fit$par)
  conv=fit$convergen
  hes=fit$hessian
  inv=diag(solve(-hes))
  se=as.matrix(sqrt(abs(inv)))
  z=parameter/se
  pv=2*pnorm(abs(z),lower.tail=FALSE)

  for(j in 1:(2*p+3))
  {
    if (pv[j]<0.01) signif[j]="***"
    else if (pv[j]<0.05) signif[j]=" **"
    else if (pv[j]<0.1) signif[j]=" *"
    else signif[j]="..."
  }
}

```

```

b1=parameter [1:p]
a1=parameter [p+1]
b2=parameter [(p+2):(2*p+1)]
a2=parameter [(2*p+2)]
lambda=parameter [(2*p+3)]

mu11=exp(x%%b1)
mu21=exp(x%%b2)
ce1=(1+d*a1*mu11)^(1/a1)
ce2=(1+d*a2*mu21)^(1/a2)

Q1=matrix(nrow=1,ncol=n)
D=matrix(nrow=1,ncol=n)
for(i in 1:n)
{
  Q1[i]=lgamma(a1^(-1)+y1[i])-lgamma(a1^(-1))-lgamma(y1[i]+1)+
  y1[i]*log(mu11[i])-a1^(-1)*log(a1)-(y1[i]+a1^(-1))*log(a1^(-1))+
  mu11[i]+lgamma(a2^(-1)+y2[i])-lgamma(a2^(-1))-lgamma(y2[i]+1)+
  y2[i]*log(mu21[i])-a2^(-1)*log(a2)-(y2[i]+a2^(-1))*log(a2^(-1))+
  mu21[i]+log(1+lambda*(exp(-y1[i])-ce1[i])*(exp(-y2[i])-ce2[i])))

  if (y1[i]==0 && y2[i]==0) D[i]=lgamma(a1^(-1)+y1[i])-lgamma(a1^(-1))-
  lgamma(y1[i]+1)-a1^(-1)*log(a1)-(y1[i]+a1^(-1))*log(a1^(-1))+
  lgamma(a2^(-1)+y2[i])-lgamma(a2^(-1))-lgamma(y2[i]+1)-a2^(-1)*log(a2)-
  (y2[i]+a2^(-1))*log(a2^(-1))+y2[i]+log(1+lambda*(exp(-y1[i])-
  ce1[i])*(exp(-y2[i])-ce2[i])))
  else if (y1[i]==0) D[i]=lgamma(a1^(-1)+y1[i])-lgamma(a1^(-1))-
  lgamma(y1[i]+1)-a1^(-1)*log(a1)-(y1[i]+a1^(-1))*log(a1^(-1))+
  lgamma(a2^(-1)+y2[i])-lgamma(a2^(-1))-lgamma(y2[i]+1)+y2[i]*log(y2[i])-
  a2^(-1)*log(a2)-(y2[i]+a2^(-1))*log(a2^(-1))+y2[i]+
  log(1+lambda*(exp(-y1[i])-ce1[i])*(exp(-y2[i])-ce2[i])))
  else if (y2[i]==0) D[i]=lgamma(a1^(-1)+y1[i])-lgamma(a1^(-1))-
  lgamma(y1[i]+1)+y1[i]*log(y1[i])-a1^(-1)*log(a1)-
  (y1[i]+a1^(-1))*log(a1^(-1))+y1[i]+lgamma(a2^(-1)+y2[i])-lgamma
  (a2^(-1))-lgamma(y2[i]+1)-a2^(-1)*log(a2)-(y2[i]+a2^(-1))*log(a2^(-1))
  +y2[i]+log(1+lambda*(exp(-y1[i])-ce1[i])*(exp(-y2[i])-ce2[i])))
  else D[i]=lgamma(a1^(-1)+y1[i])-lgamma(a1^(-1))-lgamma(y1[i]+1)+y1[i]*
  log(y1[i])-a1^(-1)*log(a1)-(y1[i]+a1^(-1))*log(a1^(-1))+
  lgamma(a2^(-1)+y2[i])-lgamma(a2^(-1))-lgamma(y2[i]+1)+y2[i]*
  log(y2[i])-a2^(-1)*log(a2)-(y2[i]+a2^(-1))*log(a2^(-1))+y2[i]+
  log(1+lambda*(exp(-y1[i])-ce1[i])*(exp(-y2[i])-ce2[i])))
}

```

```

D0=sum(D)
MU=cbind(mu11,mu21)
E1=(y1-mu11)^2

E2=(y2-mu21)^2

E=cbind(E1,E2)
G=lm(E~x[,1]+x[,2]+x[,3]+x[,4]+x[,5])
g=G$fit
covar1=t(E-g)%*(E-g)
det1=det(covar1)

g0=cbind(E1-mean(E1),E2-mean(E2))
covar0=t(g0)%*(g0)
det0=det(covar0)

gvalue=-((n-2-1-0.5*3)*log(det1/det0)) #Nilai Uji Glejser
Glejser=pchisq(gvalue,(2*p),lower.tail=FALSE) #Nilai Q
Loglike=matrix(Q1)

L1=sum(Q1)
Dev=2*(D0-L1)
AIC=-2*L1+2*(length(start))

write(parameter,file="E://Output//BNBR_Parameter.txt",sep=";")
write(se,file="E://Output//BNBR_SE.txt",sep=";")
write(z,file="E://Output//BNBR_Z.txt",sep=";")
write(pv,file="E://Output//BNBR_Pval.txt",sep=";")
write(Loglike,file="E://Output//BNBR_Likelihood.txt",sep=";")
write(AIC,file="E://Output//BNBR_AIC.txt",sep=";")
write(Dev,file="E://Output//BNBR_Deviance.txt",sep=";")
write(MU,file="E://Output//BNBR_MU.txt",sep=";")
write(Glejser,file="E://Output//BNBR_Glejser.txt",sep=";")

list(Konvergensi=conv,data.frame(Parameter1=round(parameter[1:(p+1)],
digit=4),SE=round(se[1:(p+1)],digit=4),Zscore=round(z[1:(p+1)],digit=4),
Pvalue=round(pv[1:(p+1)],digit=4),Sig.=signif[1:(p+1)]),
data.frame(Parameter2=round(parameter[(p+2):(2*p+2)],digit=4),
SE=round(se[(p+2):(2*p+2)],digit=4),Zscore=round(z[(p+2):(2*p+2)],
digit=4),Pvalue=round(pv[(p+2):(2*p+2)],digit=4),Sig.=signif[(p+2):
(2*p+2)]),data.frame(Lamda=round(parameter[(2*p+3)],digit=4),
SE=round(se[(2*p+3)],digit=4),Zscore=round(z[(2*p+3)],digit=4),
Pvalue=round(pv[(2*p+3)],digit=4),Sig.=signif[(2*p+3)]),
Loglikelihood=L1,Deviance=Dev,AIC=AIC,cov0=covar0,cov1=covar1,
Glejser=Glejser,MU=MU)

}

fbnbr1=BNBR(y1,y2,x)
print(fbnbr1)

```

Lampiran 10: Output Software RStudio

```

> print(fbnbr1)
$Konvergensi
[1] 0

[[2]]
  Parameter1      SE    Zscore Pvalue Sig.
1    2.7138 0.0161 168.5985 0.0000 ***
2    0.9158 0.3508   2.6105 0.0090 ***
3    0.0081 0.2451   0.0330 0.9737 ...
4   -0.0012 0.2006  -0.0062 0.9951 ...
5   -1.5665 0.3377  -4.6387 0.0000 ***
6   -0.5987 0.2609  -2.2945 0.0218 ***
7    1.1065 0.1920   5.7627 0.0000 ***

[[3]]
  Parameter2      SE    Zscore Pvalue Sig.
1    4.5245 0.1570 28.8201 0.0000 ***
2    1.2058 0.2136   5.6450 0.0000 ***
3    0.1739 0.2369   0.7341 0.4629 ...
4   -0.0326 0.1358  -0.2401 0.8102 ...
5    0.0750 0.1573   0.4766 0.6337 ...
6   -1.0993 0.1454  -7.5614 0.0000 ***
7    0.5781 0.0442 13.0880 0.0000 ***

[[4]]
  Lamda      SE    Zscore Pvalue Sig.
1 -5.1696 9.0796 -0.5694 0.5691 ...

$Loglikelihood
[1] -342.7738

$Dev
[1] 93.92187

$AIC
[1] 715.5477

$tau
[1] 3.238685

$cov0
      [,1]      [,2]
[1,] 6.579789e+14 1.132584e+12
[2,] 1.132584e+12 5.495553e+09

$cov1
      [,1]      [,2]
[1,] 4.111408e+14 702006630483
[2,] 7.020066e+11 4491260133

$glejser
[1] 0.165122

```

Lampiran 11: Y_1 Duga dan Y_2 Duga dengan Nilai Errornya

No	Kab/Kota	Y_1	$\hat{\mu}_{Y_1}$	Nilai error	Y_2	$\hat{\mu}_{Y_2}$	Nilai error
1	Kab. Cilacap	16	21	5	103	102	1
2	Kab. Banyumas	10	58	48	110	113	3
3	Kab. Purbalingga	12	80	68	61	285	224
4	Kab. Banjarnegara	22	1263	1241	130	106	24
5	Kab. Kebumen	9	12	3	90	130	40
6	Kab. Purworejo	16	24	8	68	67	1
7	Kab. Wonosobo	16	5118	5102	83	399	316
8	Kab. Magelang	8	95	87	110	303	193
9	Kab. Boyolali	13	11	2	101	99	2
10	Kab. Klaten	12	6	6	103	203	100
11	Kab. Sukoharjo	5	2	3	37	39	2
12	Kab. Wonogiri	9	8	1	69	149	80
13	Kab. Karanganyar	6	3	3	66	70	4
14	Kab. Sragen	7	3	4	55	50	5
15	Kab. Grobogan	36	10	26	207	142	65
16	Kab. Blora	11	6	5	89	56	33
17	Kab. Rembang	7	5	2	108	112	4
18	Kab. Pati	8	3	5	122	37	85
19	Kab. Kudus	11	3	8	90	30	60
20	Kab. Jepara	13	99	86	76	79	3
21	Kab. Demak	13	10	3	69	179	110
22	Kab. Semarang	10	15	5	70	67	3
23	Kab. Temanggung	9	171	162	95	92	3
24	Kab. Kendal	16	7	9	107	68	39
25	Kab. Batang	14	110	96	94	97	3
26	Kab. Pekalongan	10	14	4	91	89	2
27	Kab. Pemasang	13	22	9	114	48	66
28	Kab. Tegal	12	4	8	123	13	110
29	Kab. Brebes	37	75	38	219	183	36
30	Kota Magelang	2	7	5	9	113	104
31	Kota Surakarta	4	2	2	30	32	2
32	Kota Salatiga	2	2	0	20	94	74
33	Kota Semarang	18	2	16	119	63	56
34	Kota Pekalongan	6	2	4	46	51	5
35	Kota Tegal	3	3	0	28	75	47

RIWAYAT HIDUP



Triana Wulandari, lahir di Tulungagung pada tanggal 10 Januari 1999, biasa dipanggil Triana. Anak ketiga dari pasangan Bapak Saeroji dan Ibu Kasmi. Pendidikan formal mulai dari taman kanak-kanak yang ditempuh di TK Dharma Wanita Jatimulyo dan lulus pada tahun 2005. Kemudian melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 3 Jatimulyo dan lulus pada tahun 2011. Setelah itu melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Kauman dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya menempuh pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Kauman dan lulus pada tahun 2017. Kemudian menempuh pendidikan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan mengambil program studi Matematika. Selama menjadi mahasiswa telah menjadi anggota komunitas di jurusan matematika, yaitu *Mathematics English Club* (MEC).



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Triana Wulandari
NIM : 17610091
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Implementasi Regresi Binomial Negatif Bivariat untuk Mengatasi Overdispersi (Studi Kasus Kematian Ibu dan Neonatal di Jawa Tengah)
Pembimbing I : Dr. Sri Harini, M.Si
Pembimbing II : Ach. Nashichuddin, M.A

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	18 Oktober 2021	Konsultasi Bab I & II	1. ✓
2	4 November 2021	Konsultasi Bab I, II, & III	2. ✓
3	15 November 2021	ACC untuk Seminar Proposal	3. ✓
4	10 Februari 2022	Konsultasi Bab III & IV	4. ✓
5	16 Februari 2022	Revisi Bab III & IV	5. ✓
6	10 Maret 2022	Konsultasi Kajian Keagamaan Bab IV	6. ✓
7	11 Maret 2022	Revisi Kajian Keagamaan Bab IV	7. ✓
8	16 Maret 2022	ACC untuk Seminar Hasil	8. ✓
9	14 April 2022	Konsultasi Bab IV	9. ✓
10	31 Mei 2022	Revisi Bab IV	10. ✓
11	1 Juni 2022	Konsultasi Bab IV, V & Abstrak	11. ✓
12	2 Juni 2022	ACC Keseluruhan untuk Disidangkan	12. ✓

Malang, 23 Juni 2022

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc

NIP. 19741129 200012 2 005