

**IMPLEMENTASI REGRESI *ZERO INFLATED NEGATIVE  
BINOMIAL* PADA KASUS PENYAKIT CAMPAK  
JAWA TIMUR TAHUN 2020**

**SKRIPSI**

**OLEH  
FANNY MILLENNIA AMANDA  
NIM. 18610013**



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

**IMPLEMENTASI REGRESI *ZERO INFLATED NEGATIVE*  
*BINOMIAL* PADA KASUS PENYAKIT CAMPAK  
JAWA TIMUR TAHUN 2020**

**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  
Fanny Millennia Amanda  
NIM. 18610013**

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

**IMPLEMENTASI REGRESI *ZERO INFLATED NEGATIVE  
BINOMIAL* PADA KASUS PENYAKIT CAMPAK  
JAWA TIMUR TAHUN 2020**

**SKRIPSI**

**Oleh  
Fanny Millennia Amanda  
NIM. 18610013**

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji  
Malang, 22 Juni 2022

Dosen Pembimbing I



Fachrur Rozi, M.Si  
NIP. 19800527 200801 1 012

Dosen Pembimbing II



Ach. Nashichuddin, M.A  
NIP. 19730705 200003 1 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



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

**IMPLEMENTASI REGRESI *ZERO INFLATED NEGATIVE*  
*BINOMIAL* PADA KASUS PENYAKIT CAMPAK  
JAWA TIMUR TAHUN 2020**

**SKRIPSI**

**Oleh**  
**Fanny Millennia Amanda**  
**NIM. 18610013**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)  
Tanggal 27 Juni 2022

Ketua Penguji : Dr. Sri Harini, M.Si




Anggota Penguji 1 : Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si



Anggota Penguji 2 : Fachrur Rozi, 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 : Fanny Millennia Amanda

NIM : 18610013

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Implementasi Regresi *Zero Inflated Negative Binomial* pada Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020

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

Malang, 27 Juni 2022  
Yang membuat pernyataan,



Fanny Millennia Amanda  
NIM. 18610013

## **MOTO**

*“Tiada daya dan kekuatan melainkan semuanya dari Allah SWT”*

## **PERSEMBAHAN**

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, skripsi ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua penulis, kakak, keluarga yang tiada henti-hentinya mendoakan kesuksesan dan kemudahan penulis dalam menjalankan aktivitas. Para dosen yang memberikan bimbingan, saran, motivasi serta ilmu dengan sepenuh hati. Sahabat dan teman penulis yang senantiasa memberi dukungan, nasihat dan bantuan dalam bentuk apapun.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kehadiran Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Regresi *Zero Inflated Negative Binomial* pada Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020”. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari jalan gelap gulita menuju jalan yang terang benerang yakni *Addinul Islam*.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberi dukungan dan membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan skripsi, yaitu 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 dan ketua penguji yang telah memberi bimbingan, saran dan ilmu tambahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc, selaku ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Fachrur Rozi, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu, wawasan, saran, solusi dan nasihat dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ach. Nashichuddin, M.A, selaku dosen pembimbing II yang telah memberi ilmu, saran dan nasihat dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ria Dhea Layla Nur Kharisma, M.Si, selaku anggota penguji 1 yang telah memberi saran, solusi dan ilmu tambahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Dwi Nur Wahyuni sebagai ibu, Alm. Hariadi sebagai ayah dan Adwis Iqbal Perdana sebagai kakak yang selalu memberi dukungan, doa terbaik, semangat, motivasi dan menjadi *support system* tersendiri untuk penulis.
9. Semua sahabat dan teman penulis yang telah memberi semangat, motivasi dan bantuan selama pengerjaan skripsi ini.



10. Kak Nurul Eka Nur Kumala, S.Stat sebagai tempat penulis berkonsultasi terkait kendala maupun beberapa ilmu dan wawasan selama pengerjaan skripsi ini.

11. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, namun semoga skripsi ini membawa manfaat bagi penulis dan pembaca.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Malang, 15 Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGAJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN MOTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvii</b>
<b>مستخلص البحث.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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
1.6 Definisi Istilah .....	6
<b>BAB II KAJIAN TEORI .....</b>	<b>7</b>
2.1 Regresi <i>Zero Inflated Negative Binomial</i> .....	7
2.1.1 Estimasi Parameter Regresi ZINB .....	8
2.1.2 Distribusi Poisson.....	14
2.1.3 Overdispersi .....	15
2.1.4 <i>Excess Zeros</i> .....	16
2.1.5 Uji Parameter Model Regresi .....	17
2.1.6 Kebaikan Model Berdasarkan Analisis Residu .....	19
2.1.7 Campak.....	20
2.2 Penyakit dalam Ajaran Islam .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	25
3.2 Data dan Sumber Data.....	25
3.3 Teknik Analisis Data.....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1 Analisis Deskriptif.....	27
4.2 Distribusi Poisson.....	31
4.3 Uji Overdispersi .....	31
4.4 <i>Excess Zeros</i> .....	32
4.5 Regresi <i>Zero Inflated Negative Binomial</i> .....	33
4.6 Interpretasi Model .....	39
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>42</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>45</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data dan Sumber Data .....	25
Tabel 4.1 Analisis Deskriptif Variabel Penelitian.....	28
Tabel 4.2 Hasil Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i> .....	31
Tabel 4.3 <i>Excess Zeros</i> pada Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020 .....	32
Tabel 4.4 Estimasi Parameter Model Regresi ZINB.....	33
Tabel 4.5 Hasil Uji <i>Wald</i> pada Model <i>Count Regression</i> .....	34
Tabel 4.6 Hasil Uji <i>Wald</i> pada Model <i>Zero Inflation</i> .....	35
Tabel 4.7 Estimasi Parameter Model Regresi ZINB Revisi .....	36
Tabel 4.8 Hasil Uji <i>Wald</i> pada Model <i>Count Regression</i> (Model ZINB Revisi).....	37
Tabel 4.9 Hasil Uji <i>Wald</i> pada Model <i>Zero Inflation</i> (Model ZINB Revisi).....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Peta Penyebaran Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020.....	27
Gambar 4.2 Grafik Cakupan Imunisasi Campak Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Tahun 2020.....	28
Gambar 4.3 Grafik Rata-Rata Jiwa per Rumah Tangga Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Tahun 2020.....	29
Gambar 4.4 Grafik Pemberian ASI Eksklusif Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Tahun 2020.....	30
Gambar 4.5 Q-Q Plot dari <i>Pearson Residual</i> .....	38

## DAFTAR SIMBOL

- $\mu_i$  : *Mean* dari observasi ke- $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$
- $\beta_j, \gamma_j$  : Koefisien dari model regresi ke- $j$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots, p$
- $\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}$  : Vektor parameter model
- $\mathbf{x}_i$  : Vektor variabel bebas ke- $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$
- $L_0$  : Model intersep atau *ln likelihood* model tanpa variabel bebas
- $L_p$  : Model penuh atau *ln likelihood* model dengan  $p$  variabel bebas.
- $G$  : Statistika  $G$
- $W_j$  : Statistik *Wald*
- $\hat{\beta}_j$  : Estimasi parameter  $\beta_j$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots, p$
- $\hat{\gamma}_j$  : Estimasi parameter  $\gamma_j$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots, p$
- $se(\hat{\beta}_j)$  : *Standard error* dari estimasi parameter  $\hat{\beta}_j$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots, p$
- $se(\hat{\gamma}_j)$  : *Standard error* dari estimasi parameter  $\hat{\gamma}_j$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots, p$
- $Var(y_i)$  : Variansi atau ragam dari variabel  $y_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$
- $E(y_i)$  : *Mean* dari variabel  $y_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$
- $n$  : Banyak pengamatan
- $y_i$  : Variabel terikat ke- $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$
- $\chi^2$  : Statistik *Pearson Chi Square*
- $\emptyset$  : Parameter dispersi
- $\Gamma(\cdot)$  : Fungsi gamma
- $\mathbf{H}$  : Matriks Hessian atau turunan kedua dari suatu fungsi *ln likelihood*
- $\mathbf{U}$  : Vektor gradien atau turunan pertama dari suatu fungsi *ln likelihood*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020 beserta Faktornya .....	45
Lampiran 2	Hasil Pengujian Distribusi Poisson.....	46
Lampiran 3	Hasil Uji Overdispersi .....	47
Lampiran 4	<i>Syntax</i> Model Regresi ZINB dengan Rstudio.....	48
Lampiran 5	Hasil Model Regresi ZINB.....	49
Lampiran 6	Hasil Model Regresi ZINB Revisi.....	50
Lampiran 7	Hasil Pemeriksaan Kebaikan Model menggunakan <i>Pearson Residual</i> .....	51
Lampiran 8	Variansi dan <i>Mean</i> Model ZINB Revisi.....	52
Lampiran 9	Peluang dari Model Regresi ZINB Revisi .....	53
Lampiran 10	Peluang Kasus Penyakit Campak Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Tahun 2020 .....	54
Lampiran 11	Tabel <i>Kolmogorov Smirnov</i> .....	55

## ABSTRAK

Amanda, Fanny Millennia. 2022. **Implementasi Regresi *Zero Inflated Negative Binomial* pada Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.  
Pembimbing: (1) Fachrur Rozi, M.Si, (2) Ach Nashichuddin, M.A

**Kata Kunci:** Regresi *Zero Inflated Negative Binomial*, Campak, *Excess zeros*, Overdispersi, *Two Part Models*

Penyakit campak merupakan salah satu penyakit yang mudah menular dan dapat mengakibatkan kematian, namun dapat dicegah dengan imunisasi. Provinsi Jawa Timur memiliki beberapa kasus penyakit campak. Penelitian ini berupaya untuk membantu pemerintah dalam menekan angka penyakit campak di Jawa Timur. Variabel yang diduga berpengaruh terhadap angka kasus penyakit campak adalah cakupan imunisasi campak, rata-rata jiwa per rumah tangga dan pemberian ASI eksklusif. Data kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 berdistribusi Poisson yang mengalami masalah overdispersi dan *excess zeros*. Salah satu metode alternatif untuk menyelesaikan masalah overdispersi dan *excess zeros* adalah regresi *zero inflated negative binomial* (ZINB). Tahapan regresi ZINB terdiri dari estimasi parameter regresi ZINB menggunakan *maximum likelihood estimation* dan memaksimalkan fungsi likelihoodnya menggunakan *expectation maximization algorithm*, melakukan uji signifikan parameter dan menganalisis kebaikan model. Hasil penelitian pada model *count regression* diperoleh bahwa variabel cakupan imunisasi campak dan pemberian ASI eksklusif memiliki pengaruh negatif terhadap kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020, sedangkan pada model *zero inflation* diperoleh estimasi proporsi dari data yang bernilai nol. Rekomendasi berdasarkan penelitian ini adalah diperlukan perhatian khusus terkait cakupan imunisasi campak dan pemberian ASI eksklusif untuk menekan angka kasus penyakit campak di Jawa Timur.



## ABSTRACT

Amanda, Fanny Millennia. 2022. **Implementation of Zero Inflated Negative Binomial in East Java Measles Disease Cases in 2020**. Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Supervisor: (1) Fachrur Rozi, M.Si, (2) Ach Nashichuddin, M.A

**Keywords:** Zero Inflated Negative Binomial Regression, Measles, Excess zeros, Overdispersion, Two Part Models

Measles is a disease that is easily transmitted and can cause death, but it can be prevented by immunization. East Java province has several cases of measles. This study seeks to assist the government in reducing the number of measles in East Java. Variables that are thought to have an effect on the number of measles cases are measles immunization coverage, average life per household and exclusive breastfeeding. The data for measles cases in East Java in 2020 has a Poisson distribution which has problems with overdispersion and excess zeros. One alternative method to solve the problem of overdispersion and excess zeros is the zero inflated negative binomial (ZINB) regression. The ZINB regression stage consists of estimating the ZINB regression parameters using maximum likelihood estimation and maximizing the likelihood function using the expectation maximization algorithm, performing significant parameter tests and analyzing the goodness of the model. The results of the study on the count regression showed that the measles immunization coverage variable and exclusive breastfeeding had a negative effect on East Java measles cases in 2020, while the zero inflation obtained an estimate of the proportion of data that was zero. The recommendation based on this study is that special attention is needed regarding measles immunization coverage and exclusive breastfeeding to reduce the number of measles cases in East Java.

## مستخلص البحث

أماندا، فني ميلينيا. ٢٠٢٢. تطبيق الانحسار ذي الحدين السلبي المتضخم الصفر على قضية الحصبة في جاوى الشرقية سنة ٢٠٢٠. البحث العلمي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) فخر الرازي، الماجستير، (2) أحمد ناصح الدين، الماجستير.

الكلمات الأساسية: الانحسار ذي الحدين السلبي المتضخم الصفر ( *regresi zero inflated negative binomial* ) ، الحصبة، الزيادة الصفرية ( *excess zeros* )، الانتشار الفائتي ( *overdispersi* )، نماذج الجزئين ( *two part models* ).

إن الحصبة هو الداء العدوي الذي يسبب إلى الموت. ولكن يستطيع أن يدرأه الحصين. فدائرة جاوى الشرقية له بعض قضايا الحصبة. يحاول هذا البحث على مساعدة الجمهور في ضغط درجة الحصبة في جاوى الشرقية. فالمتغير المثم المؤثر على عدد قضية الحصبة هو مدى تحصين الحصبة، متوسط النفس في عائلة ما، وإعطاء لبن الأم الوحيد. فبيانات قضية الحصبة في جاوى الشرقية في سنة ٢٠٢٠ له التوزيع السمي الذي يحكمه مسألة الانتشار الفائتي و الزيادة الصفرية. ومن إحدى الطرائق الخيارية لحل مسألة الانتشار الفائتي والزيادة الصفرية هي الانحسار ذي الحدين السلبي المتضخم الصفر ( *regresi zero inflated negative binomial* ). تخمين موجّه الانحسار ذي الحدين السلبي المتضخم الصفر يستخدم تخمين الاحتمال الأعلى ( *maximum likelihood estimation* ) واستكمال وظائف الاحتمال باستخدام ألوغوريتم المأمول الأعلى ( *Expectation Maximization* ) وإجراء اختبار مهم الموجه وتحليل حسن النموذج. دلت نتائج البحث على نموذج إحصاء الانحسار على أن متغير مدى حصين الحصبة وإعطاء لبن الأم لهما الأثر السلبي لقضايا الحصبة في جاوى الشرقية سنة ٢٠٢٠، وأما في نموذج المتضخم الصفرى يُحصل تخمين النسبة من البيانات لها القيمة الصفرية. الاقتراح حسب هذا البحث هو الحاجة إلى الاهتمام الخاص عن مدى حصين الحصبة و إعطاء لبن الأم الوحيد لضغط عدد قضايا الحصبة في جاوى الشرقية.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Campak adalah salah satu penyakit infeksi yang mudah menular dan dampak terburuk dari penyakit ini adalah kematian (WHO, 2017). Campak banyak menyerang anak usia sebelum sekolah hingga usia sekolah dasar. Penyakit campak menjadi penyebab utama kematian dan kesakitan pada penderitanya (Ulfah, dkk., 2015). Anak atau balita yang mudah terserang penyakit ini adalah mereka yang memiliki gizi kurang atau terganggunya sistem kekebalan tubuh.

*Incidence rate* campak per 100.000 penduduk di Indonesia pada tahun 2011-2017 cenderung mengalami penurunan, dari 9,2 menjadi 5,6 per 100.000 penduduk. Namun, pada tahun 2013 hingga 2017 cenderung mengalami kenaikan dari 3,2 menjadi 5,6 (InfoDatin RI, 2018). Campak juga merupakan penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi (PD3I). Pengendalian campak di Indonesia diawali pada tahun 1982. Program imunisasi nasional tersebar meluas dengan harapan dapat menurunkan angka penyakit campak secara nasional. Cakupan imunisasi campak di Indonesia mulai membaik dengan ditunjukkannya kecenderungan peningkatan pada tahun 2008 hingga 2012. Namun, kecenderungan penurunan terjadi pada tahun 2012 sebesar 99,3% menjadi 89,3% pada tahun 2017 (InfoDatin, 2018).

Beberapa penelitian tentang kasus penyakit campak telah diteliti oleh penulis sebelumnya seperti Giarsawan, dkk. (2014), mengkaji faktor yang mempengaruhi kejadian campak di wilayah puskesmas Tejakula I kecamatan Tejakula kabupaten Buleleng tahun 2012 dengan rancangan *case control* dan uji statistik *Chi Square*. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa status imunisasi, pengetahuan ibu dan

kepadatan hunian berpengaruh terhadap kejadian campak di wilayah puskesmas Tejakula I kecamatan Tejakula kabupaten Buleleng. Sahayati, dkk. (2018), mengkaji faktor yang mempengaruhi penyakit campak pada balita di kabupaten Sleman tahun 2015 dengan menggunakan uji kolerasi *Spearman's*. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa cakupan imunisasi dan status gizi buruk berkorelasi positif, sedangkan faktor gizi baik, ketinggian tempat dan kepatuhan pelaporan pemantauan suhu freezer penyimpanan vaksin berkorelasi negatif terhadap kasus penyakit campak pada balita. Andriani (2017), mengkaji hubungan karakteristik balita, umur saat imunisasi campak, riwayat ASI eksklusif terhadap campak klinis dengan menggunakan uji *Chi Square*. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa terdapat hubungan umur saat imunisasi campak dan riwayat ASI eksklusif terhadap kasus penyakit campak klinis di puskesmas Wonoayu kabupaten Sidoarjo.

Penyakit campak dan berbagai penyakit lainnya tidak dapat terhindarkan dari kehidupan manusia. Begitupula pada ajaran islam, setiap manusia pasti akan tertimpa penyakit karena penyakit merupakan *sunnatullah* manusia sebagai makhluk yang akan diuji untuk mengetahui kadar keimanan manusia itu dengan berbagai cobaan salah satunya melalui sakit. Satu-satunya alasan seseorang sembuh dari penyakitnya adalah Allah semata. Berikut terdapat surah Asy Syu'araa ayat 80 yang menyebutkan bahwa manusia akan tertimpa penyakit dan Allah yang menyembuhkan:

وَإِذَا مَرَضْتُمْ فَهُوَ يَشْفِيكُمْ

Artinya: “Apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkanku”.

Terdapat dua poin yang dibahas pada ayat di atas yaitu pertama, *idza*/apabila yang bermaksud sesuatu yang pasti terjadi seperti sakit. Kedua, pernyataan nabi Ibrahim yaitu “apabila aku sakit” bukan “apabila Allah menjadikan sakit” (Shihab, 2003). Pernyataan nabi Ibrahim tersebut berarti menyandarkan segala sesuatu yang kurang baik seperti sakit kepada diri sendiri, namun menyandarkan segala sesuatu yang baik/ berupa kenikmatan kepada Allah semata seperti penyembuhan. Segala sesuatu yang kurang baik hendaknya dicari penyebabnya dari diri sendiri atau semacam intropeksi diri, namun sesuatu yang berupa kenikmatan mutlak bersumber dari Allah.

Keterkaitan faktor penyebab penyakit campak dengan angka kasus penyakit campak berkaitan erat dengan analisis statistik yaitu analisis regresi. Model linier klasik memiliki asumsi bahwa variabel terikat berdistribusi normal, namun pada kenyataannya sering dijumpai pula variabel terikat yang tidak berdistribusi normal dan berkeluarga eksponensial maka *Generalized Linear Models* (GLM) dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut (Agregti, 2002). Pada data nyata terdapat variabel terikat yang berdistribusi Poisson dan analisis regresi yang digunakan adalah regresi poisson. Asumsi yang harus dipenuhi oleh regresi poisson adalah equidispersi yaitu nilai variansi sama dengan nilai *mean*. Hal ini berlawanan dengan kebanyakan data nyata di kehidupan sehari-hari, baik terjadi masalah overdispersi yaitu nilai variansi lebih besar daripada *mean* atau underdispersi yaitu nilai *mean* lebih besar daripada nilai variansi pada variabel terikat. Salah satu penyebab data mengalami overdispersi adalah *excess zero* atau kelebihan nilai nol pada variabel terikat. Model regresi *Zero Inflated Negative Binomial* (ZINB)

menjadi model yang dapat menangani masalah overdispersi dan *excess zero* pada data (Garay, dkk., 2011).

Metode regresi ZINB telah digunakan oleh penulis sebelumnya, diantaranya Utami (2020), memodelkan jumlah penduduk bepergian di Sulawesi Tengah dengan regresi ZINB, dan menyimpulkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan adalah faktor umur, penduduk yang memiliki pekerjaan di bidang pertambangan dan penggalian, serta penduduk yang memiliki pekerjaan di bidang listrik dan gas. Yulian (2018), memanfaatkan metode regresi ZINB untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi frekuensi bepergian penduduk kabupaten Tapanuli Selatan 2016, dan menyimpulkan bahwa faktor usia, jenis kelamin dan pendidikan berpengaruh secara signifikan. Pradana & Lestari (2020), mengestimasi parameter regresi ZINB dengan metode algoritma EM pada kasus penyakit difteri di Jawa Barat tahun 2016, yang menyimpulkan bahwa faktor yang mempengaruhi penyakit difteri di Jawa Barat tahun 2016 adalah persentase imunisasi DPT, persentase penduduk yang memiliki akses air minum layak, persentase TPM yang memenuhi syarat higiene sanitasi dan jumlah puskesmas.

Berdasarkan profil kesehatan tahun 2020, provinsi Jawa Timur menjadi salah satu dari empat provinsi yang mencapai target Rencana Strategis (Renstra) dalam hal cakupan imunisasi dasar lengkap sebesar 97,3%. Meskipun demikian, kasus penyakit campak masih dapat ditemui di provinsi Jawa Timur tahun 2020. Kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 tersebar di 8 kabupaten yaitu Ponorogo, Tulungagung, Kediri, Lumajang, Banyuwangi, Situbondo, Tuban, Gresik dan hanya 1 kota yaitu Surabaya sehingga diduga data tersebut mengalami overdispersi

dan *excess zeros*. Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik meneliti tentang implementasi regresi ZINB pada kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana implementasi regresi ZINB pada kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan model regresi ZINB pada kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 sehingga didapatkan faktor yang mempengaruhinya.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan pengetahuan tentang regresi *zero inflated negative binomial* dan aplikasinya pada studi kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020.
2. Membantu pemerintah untuk membuat kebijakan dalam meminimalisir angka kasus penyakit campak dari faktor yang mempengaruhi campak Jawa Timur tahun 2020 menggunakan regresi *zero inflated negative binomial*.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Estimasi parameter yang digunakan adalah metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dan algoritma EM (*Expectation Maximization*) untuk memaksimumkan fungsi *likelihood*.
2. Uji overdispersi yang digunakan dalam skripsi ini adalah statistik *Pearson Chi Square*.

## 1.6 Definisi Istilah

ZINB : *Zero Inflated Negative Binomial*

MLE : *Maximum Likelihood Estimation*

EM : *Expectation Maximization*

GLM : *Generalized Linear Models*

Renstra : Dokumen perencanaan yang berorientasi pada hasil yang ingin dicapai dalam kurun waktu 1-5 tahun berhubungan dengan tugas dan fungsi Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) serta disuse dengan mempertimbangkan perkembangan lingkungan strategis



## BAB II KAJIAN TEORI

### 2.1 Regresi *Zero Inflated Negative Binomial*

Model regresi *Zero Inflated Negative Binomial* (ZINB) adalah model yang dibentuk dari distribusi campuran poisson gamma, manfaat dari model tersebut adalah mampu memodelkan *count data* atau data diskrit yang memiliki kelebihan nilai nol pada variabel terikat dan mengalami overdispersi (Garay, dkk., 2011). Jika  $Y_i$  adalah variabel acak terikat yang berupa nilai diskrit dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , nilai 0 diduga muncul dari dua kemungkinan keadaan yaitu keadaan *count regression* dan *zero inflation*. Keadaan *count regression* adalah keadaan yang terjadi dari peluang  $(1 - p_i)$  yang berdistribusi binomial negatif dengan *mean*  $\mu_i$ , sedangkan keadaan *zero inflation* adalah keadaan yang terjadi dari peluang  $(p_i)$  yang hanya memproses observasi bernilai 0.

Kedua keadaan di atas membentuk sebuah peluang dari model regresi ZINB (Garay, dkk., 2011):

$$P(Y_i = y_i) = \begin{cases} p_i + (1 - p_i) \left( \frac{1}{1 + \phi \mu_i} \right)^{\frac{1}{\phi}}, & \text{untuk } y_i = 0 \\ (1 - p_i) \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\phi})}{y! \Gamma(\frac{1}{\phi})} \left( \frac{1}{1 + \phi \mu_i} \right)^{\frac{1}{\phi}} \left( \frac{\phi \mu_i}{1 + \phi \mu_i} \right)^{y_i}, & \text{untuk } y_i > 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

dengan  $0 \leq p_i \leq 1, \mu_i \geq 0$ ,  $\Gamma(\cdot)$  adalah fungsi gamma dan  $\phi$  adalah parameter dispersi,  $\frac{1}{\phi} > 0$

*Mean* dan variansi dari persamaan (2.1) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$E(Y_i) = (1 - p_i)\mu_i \text{ dan } Var(Y_i) = (1 - p_i)\mu_i(1 + \mu_i\phi + p_i\mu_i)$$

Selanjutnya diasumsikan bahwa  $\mu_i$  dan  $p_i$  bergantung pada vektor data ke- $i$ , dengan  $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})^t$  sehingga dapat dibentuk dua model sebagai berikut:

1. Model *count regression* untuk  $\mu_i$

$$\ln(\mu_i) = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}, \quad \mu_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.2)$$

dengan  $\boldsymbol{\beta}$  merupakan parameter model regresi ZINB pada model *count regression* yang diestimasi.

2. Model *zero inflation* untuk  $p_i$

$$\text{logit}(p_i) = \ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma}, \quad 0 \leq p_i \leq 1, \quad (2.3)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

dengan  $\boldsymbol{\gamma}$  adalah parameter model regresi ZINB pada model *zero inflation* yang diestimasi.

### 2.1.1 Estimasi Parameter Regresi ZINB

Estimasi Parameter Regresi ZINB menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE).

Berdasarkan persamaan (2.2) dihasilkan:

$$\begin{aligned} \ln(\mu_i) &= \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} \\ \mu_i &= e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Sedangkan berdasarkan persamaan (2.3) dihasilkan:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) &= \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma} \\ p_i &= \frac{e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma}}}{1 + e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma}}} \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$(1 - p_i) = \frac{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}} - \frac{e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}} = \frac{1}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}} \quad (2.6)$$

Persamaan (2.4), (2.5) dan (2.6) disubstitusikan ke persamaan (2.1) sehingga diperoleh peluang dari model regresi ZINB sebagai berikut:

$$P(Y_i = y_i) = \begin{cases} \frac{e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}} + \left(1 - \frac{e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}\right) \left(\frac{1}{1 + \emptyset e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{\frac{1}{\emptyset}}, & \text{untuk } y_i = 0 \\ \left(1 - \frac{e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}\right) \frac{\Gamma\left(y_i + \frac{1}{\emptyset}\right)}{y! \Gamma\left(\frac{1}{\emptyset}\right)} \left(\frac{1}{1 + \emptyset e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{\frac{1}{\emptyset}} \left(\frac{\emptyset e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}{1 + \emptyset e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{y_i}, & \text{untuk } y_i > 0 \end{cases}$$

Berarti pula

$$P(Y_i = y_i) = \begin{cases} \frac{e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}} + \left(\frac{1}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}\right) \left(\frac{1}{1 + \emptyset e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{\frac{1}{\emptyset}}, & \text{untuk } y_i = 0 \\ \left(\frac{1}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}\right) \frac{\Gamma\left(y_i + \frac{1}{\emptyset}\right)}{y! \Gamma\left(\frac{1}{\emptyset}\right)} \left(\frac{1}{1 + \emptyset e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{\frac{1}{\emptyset}} \left(\frac{\emptyset e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}{1 + \emptyset e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{y_i}, & \text{untuk } y_i > 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

Jika terdapat sampel pengamatan  $(y_1, \mathbf{x}_1), (y_2, \mathbf{x}_2), \dots, (y_n, \mathbf{x}_n)$  dengan  $n$  pengamatan yang saling bebas, dengan  $y_i$  variabel terikat, maka diperoleh fungsi *likelihood* dari persamaan (2.7) dengan parameter  $\left(\frac{1}{\emptyset}\right)_{1 \times 1}, (\boldsymbol{\beta})_{(p+1) \times 1}, (\boldsymbol{\gamma})_{(p+1) \times 1}$ , sehingga parameter  $\left(\frac{1}{\emptyset}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}\right)^t$  adalah sebuah vektor berukuran  $(2p + 3) \times 1$  dari parameter yang diestimasi sebagai berikut (Yang, 2009):

$$\begin{aligned}
& L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}\right) \\
&= \begin{cases} \prod \frac{e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}} + \left(\frac{1}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}\right) \left(\frac{1}{1 + \phi e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{\frac{1}{\phi}}, & \text{untuk } y_i = 0 \\ \prod \left(\frac{1}{1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}}\right) \frac{\Gamma\left(y_i + \frac{1}{\phi}\right)}{y! \Gamma\left(\frac{1}{\phi}\right)} \left(\frac{1}{1 + \phi e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{\frac{1}{\phi}} \left(\frac{\phi e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}{1 + \phi e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{y_i}, & \text{untuk } y_i > 0 \end{cases}
\end{aligned} \tag{2.8}$$

Sehingga diperoleh fungsi *ln likelihood* dari persamaan (2.8) dengan memperhatikan sifat dari logaritma natural itu sendiri sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
& \ln L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}\right) \\
&= \begin{cases} \sum_{i=1}^n \ln \left[ e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}} + \left(\frac{1}{1 + \phi e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right)^{\frac{1}{\phi}} \right] - \sum_{i=1}^n \ln [1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}}], & \text{untuk } y_i = 0 \\ \sum_{i=1}^n \ln \Gamma\left(y_i + \frac{1}{\phi}\right) + \frac{1}{\phi} \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{1}{1 + \phi e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right) + y_i \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{\phi e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}{1 + \phi e^{x_i^T \boldsymbol{\beta}}}\right) \\ - \sum_{i=1}^n \ln 1 + e^{x_i^T \boldsymbol{\gamma}} - \sum_{i=1}^n \ln y! - \sum_{i=1}^n \ln \Gamma\left(\frac{1}{\phi}\right), & \text{untuk } y_i > 0 \end{cases}
\end{aligned} \tag{2.9}$$

Namun pada kenyataannya *Maximum Likelihood Estimation* untuk parameter  $\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}$  yang tidak diketahui dapat terselesaikan dengan memaksimalkan *ln likelihood*, namun metode numerik biasa tidak mampu menyelesaikan persamaan (2.9). Hal ini terjadi, karena fungsi *ln likelihood* pada persamaan (2.9) yang *non linear* dan ketidak konvergenan mungkin terjadi sebagai akibat dari proses pemaksimalan secara langsung tanpa melibatkan nilai awal yang baik (Garay, dkk., 2011). Fungsi *ln likelihood* pada (2.9) juga memiliki 2 kondisi yang digabungkan yaitu saat  $y_i = 0$  yang mewakili kelompok *zero inflation* dan  $y_i > 0$

yang mewakili kelompok *count regression*. Variabel  $y_i$  dengan memisalkan vektor variabel indikator  $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  dapat didefinisikan sebagai berikut (Hall, 2000):

$$w_i = \begin{cases} 1, & y_i = 0 \\ 0, & y_i > 0 \end{cases}$$

dengan  $P(w_i = 1) = p_i$  dan  $P(w_i = 0) = 1 - p_i$ . Selanjutnya fungsi *likelihood* dari distribusi gabungan  $y_i$  dan  $w_i$ ,

$$P\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma} | \mathbf{y}, \mathbf{w}\right) = (p_i)^{w_i} (1 - p_i)^{1-w_i} \left[ \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\phi} + y_i\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\phi}\right) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \phi\mu_i}\right)^{1/\phi} \left(\frac{\phi\mu_i}{1 + \phi\mu_i}\right)^{y_i} \right]^{1-w_i} \quad (2.10)$$

Substitusi persamaan (2.4), (2.5) dan (2.6) ke persamaan (2.10) sehingga diperoleh fungsi *ln likelihood* sebagai berikut (Garay, dkk., 2011):

$$\ln L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma} | \mathbf{y}, \mathbf{w}\right) = \sum_{i=1}^n \left[ w_i \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma} - \ln(1 + e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma}}) + (1 - w_i) \ln(g(y_i; \boldsymbol{\beta}, \frac{1}{\phi})) \right] \quad (2.11)$$

dengan  $\mu_i = e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}}$ ,  $g(y_i; \boldsymbol{\beta}, \frac{1}{\phi}) = \frac{\Gamma(\frac{1}{\phi} + y_i)}{\Gamma(\frac{1}{\phi}) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{\phi\mu_i}{1 + \phi\mu_i}\right)^{y_i} \left(\frac{1}{1 + \phi\mu_i}\right)^{\frac{1}{\phi}}$

Persamaan (2.11) dapat diestimasi secara terpisah

$$\ln L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma} | \mathbf{y}, \mathbf{w}\right) = \ln L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta} | \mathbf{y}, \mathbf{w}\right) + \ln L(\boldsymbol{\gamma} | \mathbf{y}, \mathbf{w})$$

Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} & \ln L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta} | \mathbf{y}, \mathbf{w}\right) \\ &= \sum_{i=1}^n (1 - w_i) \ln \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\phi} + y_i\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\phi}\right) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{\phi\mu_i}{1 + \phi\mu_i}\right)^{y_i} \left(\frac{1}{1 + \phi\mu_i}\right)^{\frac{1}{\phi}} \end{aligned} \quad (2.12)$$

dan

$$\ln L(\boldsymbol{\gamma}|\mathbf{y}, \mathbf{w}) = \sum_{i=1}^n \left[ w_i \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma} - \ln(1 + e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma}}) \right] \quad (2.13)$$

Karena beberapa kondisi di atas, maka algoritma EM sangat cocok untuk memaksimalkan fungsi  $\ln$  *likelihood* nya karena cenderung stabil, konvergen dan  $\ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}|\mathbf{y}, \mathbf{w})$  juga linier pada  $\mathbf{w}$ . Persamaan (2.11) disebut juga sebagai *complete-data log-likelihood*. Berikut adalah sistematika algoritma EM:

### 1. Langkah Ekspektasi

Dengan mengganti  $w_i$  dengan  $\widehat{w}_i^{(r)}$ , kondisi ekspektasi didefinisikan sebagai berikut:

$$\widehat{w}_i^{(r)} = \begin{cases} \left[ 1 + e^{-\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma}^{(r)}} \left( \frac{1}{1 + \widehat{\phi}^{(r)} e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}^{(r)}}} \right) \right]^{-1}, & y_i = 0 \\ 0, & y_i > 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

Sehingga hasil estimasi dari persamaan (2.11) secara terpisah menjadi seperti berikut:

$$\ln L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}|\mathbf{y}, \widehat{\mathbf{w}}^{(r)}\right) = \sum_{i=1}^n \ln L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}|\mathbf{y}, \widehat{\mathbf{w}}^{(r)}\right) + \sum_{i=1}^n \ln(\boldsymbol{\gamma}|\mathbf{y}, \widehat{\mathbf{w}}^{(r)})$$

Persamaan (2.12) dan (2.13) menjadi

$$\begin{aligned} & \ln L\left(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta}|\mathbf{y}, \widehat{\mathbf{w}}^{(r)}\right) \\ &= \sum_{i=1}^n (1 - \widehat{w}_i^{(r)}) \ln \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\phi} + y_i\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\phi}\right) \Gamma(y_i + 1)} \left( \frac{\phi e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}}}{1 + \phi e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}}} \right)^{y_i} \left( \frac{1}{1 + \phi e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_i}} \right)^{\frac{1}{\phi}} \end{aligned} \quad (2.15)$$

dan

$$\ln L(\boldsymbol{\gamma}|\mathbf{y}, \widehat{\mathbf{w}}^{(r)}) = \sum_{i=1}^n \left[ \widehat{w}_i^{(r)} \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma} - \ln(1 + e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\gamma}}) \right] \quad (2.16)$$

## 2. Langkah Maksimalisasi

Memaksimalkan parameter  $\boldsymbol{\beta}^*_{(p+2) \times 1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\phi} \\ \boldsymbol{\beta} \end{pmatrix}$  dan  $\boldsymbol{\gamma}_{(p+1) \times 1}$  dengan

menghitung  $\widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r+1)}_{(p+2) \times 1}$  dan  $\widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r+1)}_{(p+1) \times 1}$ .

Menghitung  $\widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r+1)}$  yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r+1)} = \widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r)} - (H(\widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r)}))^{-1} \mathbf{U}(\widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r)}) \quad (2.17)$$

Dengan:

Vektor gradien  $\mathbf{U}$  pada parameter  $\boldsymbol{\beta}^*$  yang diestimasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{U}^T(\widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r)})_{1 \times (p+2)} &= \left( \frac{\partial \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \frac{1}{\phi}} \quad \frac{\partial \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0} \quad \frac{\partial \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_1} \quad \dots \quad \frac{\partial \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p} \right) \end{aligned}$$

Dan matriks Hessian  $\mathbf{H}$  pada parameter  $\boldsymbol{\beta}^*$  yang diestimasi sebagai berikut:

$$\mathbf{H}(\widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r)})_{(p+2) \times (p+2)} = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \left(\frac{1}{\phi}\right)^2} & \frac{\partial^2 \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \left(\frac{1}{\phi}\right) \partial \beta_0} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \left(\frac{1}{\phi}\right)^2} \\ \frac{\partial^2 \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0^2} & \dots & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0 \partial \beta_p} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial^2 \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p^2} & \dots & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\frac{1}{\phi}, \boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p^2} \end{pmatrix}$$

Selanjutnya, menghitung  $\widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r+1)}$

$$\widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r+1)} = \widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r)} - (H(\widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r)}))^{-1} \mathbf{U}(\widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r)}) \quad (2.18)$$

Dengan:

Vektor gradien  $\mathbf{U}$  pada parameter  $\boldsymbol{\gamma}$  yang diestimasi sebagai berikut:

$$\mathbf{U}^T(\widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r)})_{1 \times (p+1)} = \left( \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial \gamma_0} \quad \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial \gamma_1} \quad \dots \quad \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial \gamma_p} \right)$$

Dan matriks Hessian  $\mathbf{H}$  pada parameter  $\boldsymbol{\gamma}$  yang diestimasi sebagai berikut:

$$\mathbf{H}(\widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r)})_{(p+1) \times (p+1)} = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial (\gamma_0)^2} & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial \gamma_0 \partial \gamma_1} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial \gamma_0 \partial \gamma_p} \\ & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial \gamma_1^2} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial \gamma_1 \partial \gamma_p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\gamma})}{\partial \gamma_p^2} \end{pmatrix}$$

3. Lakukan iterasi tersebut secara berulang sampai ditemukan estimasi parameter yang konvergen. Dikatakan konvergen jika  $(|\widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r+1)} - \widehat{\boldsymbol{\beta}}^{*(r)}|)$  dan  $(|\widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r+1)} - \widehat{\boldsymbol{\gamma}}^{(r)}|)$  sangat kecil.

### 2.1.2 Distribusi Poisson

Distribusi poisson adalah suatu distribusi yang memiliki peluang kecil, suatu peristiwa tersebut terjadi pada interval waktu tertentu atau dalam suatu daerah tertentu. Interval waktu tertentu yang dimaksud antara lain seperti satu menit, satu hari, satu bulan dan lain sebagainya. Fungsi peluang distribusi poisson didefinisikan sebagai berikut (Walpole, 1993):

$$P(Y_i = y_i) = \frac{\mu_i^{y_i} e^{-\mu_i}}{y_i!}, \text{ untuk } y_i = 1, 2, \dots, n \quad (2.19)$$

dengan:

$\mu_i$  : rata-rata keberhasilan ( $n \cdot p$ )

$n$  : banyak pengamatan

$p$  : peluang sukses

$e$  : bilangan natural,  $e = 2,71828$



Uji *Kolmogorov Smirnov* adalah suatu uji statistik untuk mengetahui apakah suatu data yang digunakan mengikuti distribusi Poisson atau tidak. Statistik uji *Kolmogorov Smirnov* dapat dinyatakan pada persamaan berikut (Daniel, 1990):

$$KS_{hit} = \sup[F_n(y) - F_0(y)] \quad (2.20)$$

dengan:

$KS_{hit}$  : jarak maksimum antara fungsi peluang kumulatif data dengan fungsi peluang kumulatif berdistribusi Poisson

$F_n(y)$  : fungsi peluang kumulatif data

$F_0(y)$ : fungsi peluang kumulatif berdistribusi Poisson

Hipotesis:

$H_0$  : data berdistribusi Poisson

$H_1$  : data tidak berdistribusi Poisson

Kriteria:

Jika uji statistik  $KS_{hit} > KS_{\alpha,n}$  atau  $p - value < \alpha$  maka tolak  $H_0$ , yang berarti data tidak berdistribusi Poisson. Tabel  $KS_{\alpha,n}$  dapat dilihat di lampiran 11.

### 2.1.3 Overdispersi

Overdispersi adalah suatu masalah yang terjadi akibat nilai variansi lebih besar daripada *mean* dari variabel terikat atau  $Var(y_i) > E(y_i)$  (Hilbe, 2007). Pada regresi poisson, overdispersi sering terjadi akibat variabel terikat yang memiliki nilai nol berlebih (*excess zero*), terdapat data *outlier* dan autokorelasi (Rahayu, 2020). Masalah overdispersi akan berdampak pada parameter model, di mana

diperoleh taksiran *standard error* yang terlalu kecil (*underestimate*) sehingga terjadi ketidakakuratan kesimpulan yang dihasilkan (Hilbe, 2007).

Pengujian overdispersi dapat dilakukan dengan menggunakan statistika *Pearson Chi Square* sebagai berikut (Hilbe, 2007):

$$\emptyset = \frac{\chi^2}{\text{derajat bebas}} \quad (2.21)$$

dengan nilai  $\chi^2$  atau statistik *Pearson Chi Square* yang didefinisikan sebagai berikut (Hilbe, 2007):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \mu_i)^2}{\text{Var}(\mu_i)} \quad (2.22)$$

Sehingga dapat disimpulkan apakah suatu data mengalami overdispersi atau tidak, dengan memperhatikan nilai dispersi ( $\emptyset$ ).

Hipotesis:

$H_0 : \emptyset \leq 1$  (suatu data tidak mengalami overdispersi)

$H_1 : \emptyset > 1$  (suatu data mengalami overdispersi)

Kriteria:

- Jika nilai dispersi ( $\emptyset$ )  $> 1$  maka tolak  $H_0$ , yang berarti suatu data mengalami overdispersi.
- Jika nilai ( $\emptyset$ )  $\leq 1$  maka terima  $H_0$ , yang berarti suatu data tidak mengalami overdispersi.

#### 2.1.4 *Excess Zeros*

*Excess zeros* atau sering dikenal dengan nilai nol berlebih pada variabel terikat. *Excess zeros* terjadi saat proporsi dari suatu data bernilai nol lebih banyak dibandingkan nilai data diskrit lain, spesifiknya  $> 50\%$  dari variabel terikat

berisikan nilai nol (Famoye, F., & Singh, K., 2006). Regresi ZINB merupakan salah satu model yang dapat menyelesaikan masalah overdispersi dan mengalami *excess zeros* pada regresi poisson.

### 2.1.5 Uji Parameter Model Regresi

#### 1. Uji Simultan

Uji simultan adalah uji parameter pada model yang beranggotakan seluruh variabel bebas menggunakan *Likelihood Ratio Test* untuk menentukan apakah variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat secara bersamaan (Hosmer dan Lemeshow, 2000). Statistik uji yang digunakan adalah statistik  $G$ .

Statistik Uji:

$$G = -2[L_0 - L_p] \quad (2.23)$$

$$= -2 \left\{ \begin{array}{l} [\ln L(\beta_0 | \mathbf{y}, \mathbf{w}) + \ln L(\gamma_0 | \mathbf{y}, \mathbf{w})] \\ - [\ln L(\boldsymbol{\beta} | \mathbf{y}, \mathbf{w}) + \ln L(\boldsymbol{\gamma} | \mathbf{y}, \mathbf{w})] \end{array} \right\}$$

Hipotesis:

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = \gamma_0 = \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_p = 0$$

$$H_1: \text{minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0 \text{ atau } \gamma_j \neq 0, \text{ untuk } j = 0, 1, 2, \dots, p$$

Persamaan (2.23) memiliki keterangan sebagai berikut:

$L_0$  adalah model intersep atau *ln likelihood* model tanpa variabel bebas

$L_p$  adalah model penuh atau *ln likelihood* model dengan  $p$  variabel bebas.

dengan kriteria:

Jika nilai statistik  $G > \chi^2_{\alpha, db}$  maka tolak  $H_0$ , yang berarti terdapat minimal satu variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel

terikat. Dengan  $db$  adalah derajat bebas  $2p$  dan  $p$  adalah jumlah variabel bebas.

## 2. Uji Parsial

Berbeda dengan uji simultan, uji parsial adalah uji parameter pada model secara individual yang terdiri dari masing-masing variabel bebas. Terdapat dua parameter yang masing-masing harus uji yaitu  $\beta_j$  dan  $\gamma_j$ . Statistik uji yang digunakan adalah statistik *Wald* (Myers, dkk., 2010).

### 2.1 Parameter $\beta_j$

Statistik Uji:

$$W_j = \left( \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)} \right)^2 \quad (2.24)$$

Hipotesis:

$$H_0: \beta_j = 0 \text{ vs } H_1: \beta_j \neq 0, j = 0,1,2, \dots p$$

### 2.2 Parameter $\gamma_j$

Statistik Uji:

$$W_j = \left( \frac{\hat{\gamma}_j}{se(\hat{\gamma}_j)} \right)^2 \quad (2.25)$$

Hipotesis:

$$H_0: \gamma_j = 0 \text{ vs } H_1: \gamma_j \neq 0, j = 0,1,2, \dots p$$

Kedua model pada regresi ZINB memiliki kriteria sebagai berikut:

Jika nilai  $W_j > \chi^2_{(\alpha, db)}$  atau  $p - value < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, yang berarti suatu variabel bebas berpengaruh secara signifikan terhadap

variabel terikat. Dengan  $db$  adalah derajat bebas bernilai 1 dan  $\alpha$  adalah tingkat taraf nyata yang digunakan.

### 2.1.6 Keباikan Model Berdasarkan Analisis Residu

Memeriksa kebaikan model merupakan salah satu langkah yang dilakukan dalam suatu analisis data. Pemeriksaan tersebut dilakukan untuk menganalisis suatu data baik atau tidak saat didekati oleh analisis statistik tertentu seperti regresi. Analisis residu adalah salah satu alat yang digunakan untuk memeriksa kebaikan model tersebut. Residu merupakan hasil pengurangan antara variabel  $y_i$  dan *mean*. Namun, ketika model regresi mengalami masalah overdispersi maka diperlukan pendekatan analisis residu tertentu seperti *Pearson Residual* yang didefinisikan pada rumus berikut (Garay, dkk., 2011):

$$\widehat{re}_i = \frac{y_i - \widehat{E}(Y_i)}{\sqrt{\widehat{Var}(Y_i)}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.26)$$

dengan:

$$\widehat{E}(Y_i) = (1 - \hat{p}_i)\hat{\mu}_i$$

$$\widehat{Var}(Y_i) = (1 - \hat{p}_i)\hat{\mu}_i(1 + \hat{\mu}_i\hat{\phi} + \hat{p}_i\hat{\mu}_i)$$

$$\hat{\mu}_i = e^{x_i^T \hat{\beta}} \text{ dan } \hat{p}_i = \frac{e^{x_i^T \hat{\gamma}}}{1 + e^{x_i^T \hat{\gamma}}}$$

Dengan  $\hat{\phi}, \hat{\beta}, \hat{\gamma}$  merupakan hasil estimasi ML dari  $\phi, \beta, \gamma$ .

Untuk mengetahui apakah *Pearson Residual* tersebut berdistribusi normal atau tidak, maka dilakukan uji *Kolmogorov Smirnov* sebagai berikut (Daniel, 1990):

$$KS_{hit} = \sup[F_n(y) - F_0(y)] \quad (2.27)$$

dengan:

$KS_{hit}$  : jarak maksimum antara fungsi peluang kumulatif data dengan fungsi peluang kumulatif berdistribusi normal

$F_n(y)$  : fungsi peluang kumulatif data

$F_0(y)$ : fungsi peluang kumulatif berdistribusi normal

Hipotesis:

$H_0$  : data *Pearson Residual* berdistribusi normal

$H_1$  : data *Pearson Residual* tidak berdistribusi normal

Kriteria:

Jika  $KS_{hit} > KS_{\alpha,n}$  atau  $p - value < \alpha$  maka tolak  $H_0$ , yang berarti data *Pearson Residual* tidak berdistribusi normal. Tabel  $KS_{\alpha,n}$  dapat dilihat di lampiran 11.

### 2.1.7 Campak

Campak merupakan salah satu penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi (PD3I). Penyakit ini disebabkan oleh virus *paramyxovirus* genus *morbillivirus*. Penyakit campak ditandai dengan gejala awal demam, batuk, pilek dan konjungtivis, kemudian diikuti dengan kemerahan pada kulit. Campak merupakan penyakit menular yang ditularkan penderita sejak sehari sebelum mengalami gejala klinis melalui droplet di udara sampai empat hari setelah muncul ruam. Masa inkubasi campak antara 10-12 hari (Widoyono, 2011).

Tanda dan gejala campak terdiri dari tiga stadium yaitu stadium kataral, erupsi dan konvelansi. Stadium kataral ditandai dengan demam  $>38^{\circ}\text{C}$  selama 3-7 hari, demam yang dimaksud adalah perpaduan antara sakit kepala, batuk, pilek dan

mata merah. Stadium erupsi ditandai semakin parah batuk dan pilek yang dirasakan penderita, meningkatnya suhu demam, timbulnya bercak kemerahan yang dimulai dari belakang telinga yang berbentuk makulo popular. Stadium konvalensi ditandai dengan berubahnya bercak kemerahan menjadi kehitaman (Kemenkes, 2016).

#### 1. Cakupan Imunisasi Campak

Campak adalah penyakit yang disebabkan karena melemahnya kekebalan tubuh penderita, yang dapat dicegah dengan pemberian imunisasi. Seorang ibu yang memiliki kekebalan tubuh terhadap campak yang baik akan melahirkan anak yang memiliki kekebalan juga (material antibodi). Material antibodi itulah yang melindungi bayi dari penyakit campak, namun material antibodi tersebut berkurang setelah anak berusia 6-9 bulan. Oleh sebab itu, setiap bayi usia 0-11 bulan wajib mendapat imunisasi dasar lengkap salah satunya adalah 1 dosis campak rubela. Selanjutnya dilakukan imunisasi lanjutan pada anak balita dibawah dua tahun (baduta) untuk mempertahankan tingkat kekebalan, salah satu imunisasi yang diberikan 2 dosis campak rubela pada usia 18-24 bulan. Untuk tetap mempertahankan kekebalan tubuh terhadap campak dan rubela diberi 1 dosis lagi pada anak kelas 1 SD yang dilakukan melalui kegiatan Bulan Imunisasi Anak Sekolah (BIAS) (Kemenkes RI, 2020).

#### 2. Rata-Rata Jiwa per Rumah Tangga

Rata-rata jiwa per rumah tangga mewakili jumlah anggota keluarga dalam satu hunian di suatu daerah, mengingat bahwa rata-rata jiwa menyatakan jumlah penduduk dibagi jumlah rumah tangga pada suatu daerah. Dengan demikian, rata-rata jiwa per rumah tangga berhubungan erat dengan

kepadatan hunian, di mana semakin banyak jiwa dalam suatu hunian atau rumah maka diperlukan luas hunian yang besar pula. Dengan kata lain, semakin padat suatu tempat tinggal maka semakin tinggi risiko penularan terhadap orang lain terutama anggota keluarga itu sendiri, mengingat bahwa penyakit campak merupakan salah satu penyakit yang mudah menular (Ulfah, dkk., 2015).

### 3. Pemberian ASI Eksklusif

ASI eksklusif adalah pemberian Air Susu Ibu (ASI) saja tanpa memberi makanan dan minuman lain pada bayi sampai berusia 6 bulan, selanjutnya pemberian ASI harus tetap dilanjutkan sampai bayi berusia 2 tahun (Kemenkes RI, 2020). Kandungan penting pada ASI eksklusif adalah kolostrum. Kolostrum adalah air susu ibu yang pertama kali keluar yang mengandung berbagai vitamin dan protein utama *globulin*. Protein *globulin* memiliki manfaat utama sebagai antibodi alami untuk memberi daya tahan tubuh alami pada anak terhadap berbagai penyakit (Marni, 2012).

## 2.2 Penyakit dalam Ajaran Islam

Berbagai penyakit tidak dapat terhindarkan dari kehidupan manusia. Penyakit tidak selalu menjadi musibah, melainkan ujian. Ujian yang diberikan Allah kepada setiap hamba-Nya untuk melihat kadar keimanan seorang hamba. Ujian tersebut juga mereka yakini sebagai *sunnatullah* yang harus diterima dengan ikhlas dan sabar sehingga mendapat balasan kebaikan dari Allah. Penyakit dapat menjadi nikmat ketika manusia melihat penyakit dari kaca mata iman. Keyakinan manusia kepada apapun yang diberikan Allah kepada hambaNya selalu ada hikmahnya akan



menghapus segala kesedihan atau mungkin keputus-asaan manusia terhadap penyakitnya. Berikut adalah al-Qur'an surah Asy Syu'araa ayat 80 yang membahas tentang penyakit:

وَإِذَا مَرَضْتُ فَبُهِتَ النَّاسُ  
فَهُوَ يَشْفِينِ

Artinya: “Apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkanku”.

Terdapat dua poin yang dibahas pada ayat di atas yaitu pertama, *idza*/apabila yang bermaksud sesuatu yang pasti terjadi seperti sakit. Kedua, pernyataan nabi Ibrahim yaitu “apabila aku sakit” bukan “apabila Allah menjadikan sakit” (Shihab, 2003). Menurut tafsir Ibnu Katsir, ayat di atas menunjukkan bahwa sakit yang dialami oleh manusia meskipun merupakan takdir Allah namun manusia menyalahkan pada dirinya sendiri, sebagai bentuk kesantunan makhluk terhadap Allah (Al-Sheikh, 1994). Ayat di atas juga merupakan pernyataan nabi Ibrahim yang berarti menyalahkan segala sesuatu yang kurang baik seperti sakit kepada diri sendiri, namun menyadari segala sesuatu yang baik/berupa kenikmatan kepada Allah seperti penyembuhan. Hal itu berarti bahwa hanya Allah yang berkuasa menyembuhkan sakit yang dialami manusia.

Segala sesuatu yang kurang baik hendaknya dicari penyebabnya dari diri sendiri, yang dalam hal ini adalah sakit. Apabila manusia sakit, selayaknyalah mencari penyebabnya karena bisa jadi penyakit tersebut terjadi ketika manusia tidak melakukan sesuatu yang tidak seharusnya, seperti pola makan dan tidur yang tidak seharusnya, olahraga yang kurang dan aktivitas-aktivitas lain yang tidak baik untuk kesehatan. Setelah mengalami sakit dan proses introspeksi diri bukan berarti berpangku tangan dengan tidak melakukan usaha untuk mencapai kesembuhan. Terdapat beberapa hadis Rasulullah yang memerintahkan untuk berobat, salah

satunya hadis riwayat Imam Abu Daud yang artinya “*sesungguhnya Allah menurunkan penyakit dan obatnya, dan menjadikan setiap penyakit ada obatnya. Maka berobatlah kalian dan jangan kalian berobat dengan yang haram*”. Sehingga diperlukan usaha untuk kesembuhan dirinya dengan mengikuti saran-saran dokter dan obat, sebagai bentuk ikhtiar manusia. Pada penelitian ini, bentuk ikhtiar manusia terhadap penyakit campak seperti melakukan imunisasi campak sesuai anjuran, pemberian ASI eksklusif dan memperhatikan jumlah jiwa dalam rumah.

Setelah melakukan ikhtiar, maka selanjutnya meyakini dan berpasrah kepada Allah, karena seperti yang disebutkan pada ayat di atas bahwa Allah-lah yang menyembuhkan penyakit (Al-Sheikh, 1994). Dokter dan obat hanya perantara kesembuhan dariNya. Sehingga disimpulkan bahwa sebab dari segala sebab adalah Allah.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif inferensial karena dalam penelitian ini tidak hanya memuat bagaimana mengumpulkan data lalu menyajikannya, melainkan menganalisis dan menarik kesimpulan dari proses regresi yang dilakukan.

### 3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder ini terdiri dari sebuah variabel terikat dan beberapa variabel bebas . Data kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 diperoleh dari beberapa referensi resmi berikut seperti berikut:

**Tabel 3.1 Data dan Sumber Data**

NO	Variabel	Sumber Data
1.	Kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 ( $y$ )	Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur
2.	Persentase cakupan imunisasi campak ( $x_1$ )	Profil kesehatan Jawa Timur tahun 2020 (Dinas Kesehatan Jatim, 2020)
3.	Rata-rata jiwa per rumah tangga ( $x_2$ )	
4.	Pemberian ASI eksklusif ( $x_3$ )	

### 3.3 Teknik Analisis Data

Tahapan analisis data dinyatakan sebagai berikut:

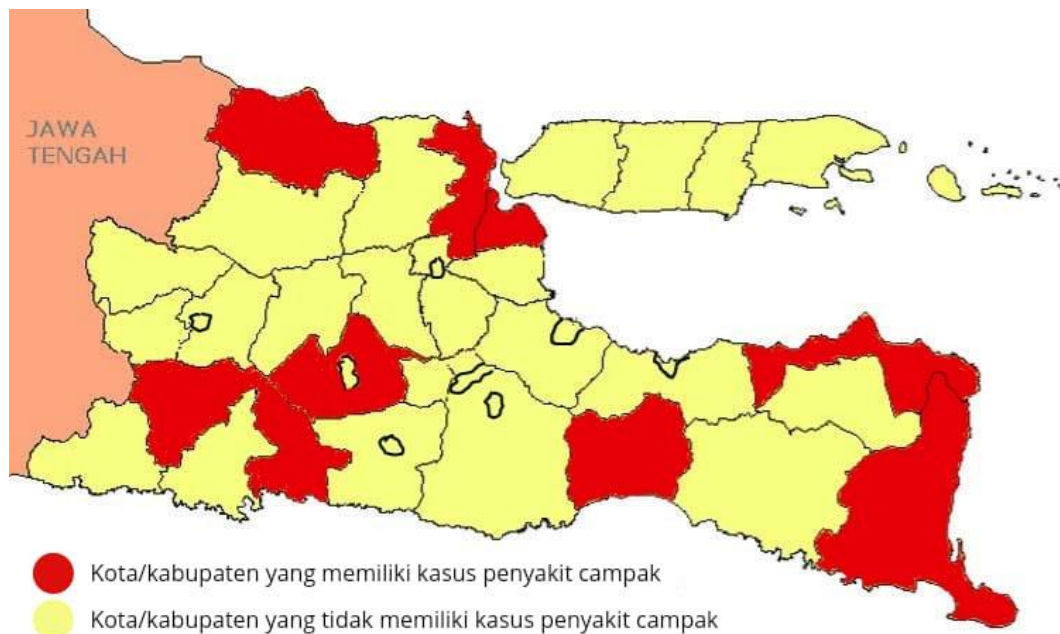
1. Melakukan analisis deskriptif.
2. Melakukan uji distribusi Poisson dengan menggunakan *Kolmogorov Smirnov* seperti pada persamaan (2.20).

3. Melakukan uji overdispersi terhadap model menggunakan statistik *Pearson Chi Square* seperti pada persamaan (2.22).
4. Pemeriksaan *excess zeros* terhadap variabel terikat.
5. Memodelkan regresi ZINB melalui langkah-langkah berikut:
  - a) Mengestimasi parameter regresi ZINB dengan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) seperti pada persamaan (2.12) dan (2.13) dan memaksimalkan fungsi *likelihood* dengan *Expectation Maximization* (EM) yang terdiri dari langkah ekspektasi seperti pada persamaan (2.15) dan (2.16) dan langkah maksimalisasi seperti pada persamaan (2.17) dan (2.18).
  - b) Melakukan uji signifikan parameter secara simultan dengan menggunakan nilai *Likelihood Ratio Test* ( $G_{hitung}$ ) seperti persamaan (2.23) dan parsial dengan menggunakan statistik *Wald* pada regresi ZINB seperti persamaan (2.24) untuk parameter  $\beta$  dan persamaan (2.25) untuk parameter  $\gamma$ .
  - c) Melakukan regresi ZINB revisi, selanjutnya melakukan pengujian analisis residual pada data regresi ZINB setelah direvisi seperti pada persamaan (2.26). Hasil dari *Pearson Residual* dilakukan uji normalitas menggunakan persamaan (2.27)
6. Interpretasi model regresi ZINB.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Deskriptif

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020, yang dapat dinyatakan dalam peta penyebaran kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 (lihat gambar 4.1).



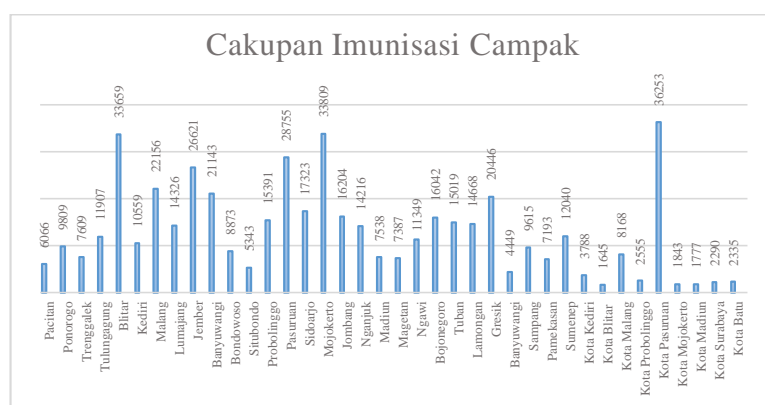
**Gambar 4.1** Peta Penyebaran Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020

Gambar 4.1 mendeskripsikan bahwa peta penyebaran kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 dibagi menjadi dua bagian yaitu warna merah mewakili kota atau kabupaten yang memiliki kasus penyakit campak dan warna kuning mewakili kota atau kabupaten yang tidak memiliki kasus penyakit campak. Kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 tersebar di 8 kabupaten yaitu Ponorogo, Tulungagung, Kediri, Lumajang, Banyuwangi, Situbondo, Tuban, Gresik dan hanya 1 kota yaitu Surabaya.

**Tabel 4.1 Analisis Deskriptif Variabel Penelitian**

No	Variabel	N	Mean	Minimum	Maksimum	Standar Deviasi
1.	Jumlah kasus penyakit campak Jawa Timur 2020 ( $y$ )	38	0,32	0	3	0,662
2.	Cakupan imunisasi campak ( $x_1$ )	38	12899,18	1645	36253	9403,895
3.	Rata-rata jiwa per rumah tangga ( $x_2$ )	38	3,2263	2,2	4	0,4157
4.	Pemberian ASI eksklusif ( $x_3$ )	38	1753,42	128	12333	2018,923

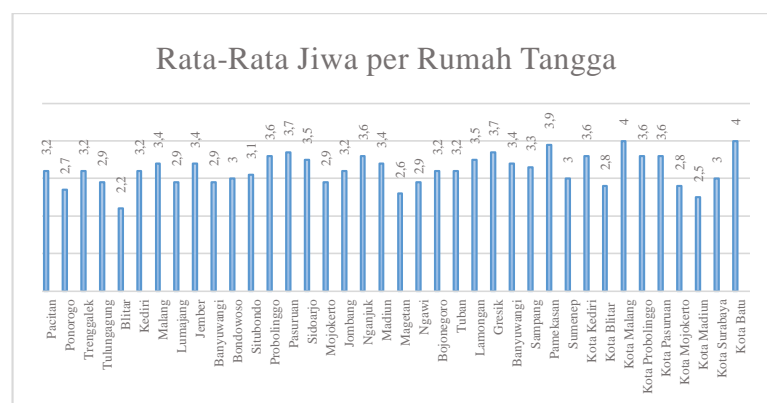
Berdasarkan tabel 4.1, variabel jumlah kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 memiliki nilai minimum sebesar 0 yang berarti tidak terdapat kasus penyakit campak di kota/kabupaten tersebut dan maksimum sebanyak 3 kasus penyakit campak di Ponorogo. Berdasarkan tabel 4.1, variabel  $y$  diduga mengalami masalah overdispersi karena karena nilai standar deviasi 0,662 lebih besar dari pada rata-rata atau *mean* 0,32.



**Gambar 4.2** Grafik Cakupan Imunisasi Campak Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Tahun 2020

Variabel  $x_1$  pada penelitian ini adalah cakupan imunisasi campak. Cakupan imunisasi campak kota atau kabupaten Jawa Timur tahun 2020 memiliki nilai

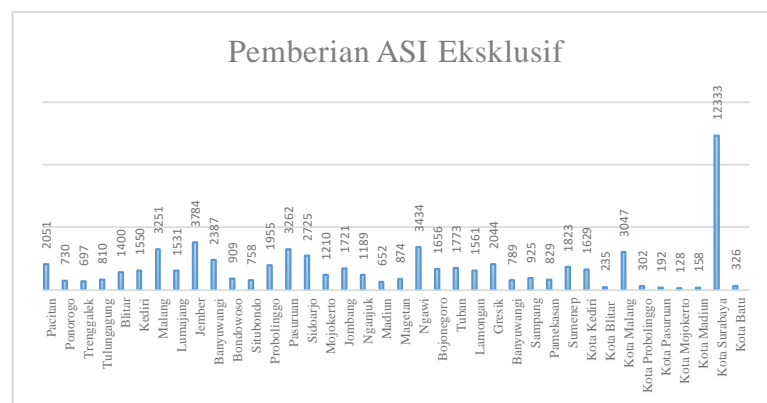
minimum sebesar 1.645 jiwa yang dinyatakan oleh kota Blitar dan maksimum sebesar 36.253 jiwa di kota Pasuruan. Menurut profil kesehatan Jawa Timur tahun 2020, cakupan imunisasi dasar langkah secara nasional hanya mencapai 83,3% padahal target Renstra untuk tahun 2020 adalah 92,9%. Hal ini diduga karena adanya wabah COVID-19 yang menyebabkan petugas kesehatan yang tidak memadai diharapkan fokus untuk menangani wabah tersebut dan kurangnya pengetahuan akan pentingnya cakupan imunisasi campak terhadap angka penyakit campak di kalangan masyarakat. Meskipun demikian, provinsi Jawa Timur adalah salah satu provinsi yang mencapai target Renstra sebesar 97,3%.



**Gambar 4.3** Grafik Rata-Rata Jiwa per Rumah Tangga Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Tahun 2020

Variabel  $x_2$  pada penelitian ini adalah rata-rata jiwa per rumah tangga. Kabupaten Blitar memiliki angka rata-rata jiwa per rumah tangga terendah yaitu 2,2 atau 2 jiwa, sedangkan kota Malang dan kota Batu memiliki jumlah rata-rata jiwa per rumah tangga tertinggi yaitu 4 jiwa. Rata-rata jiwa per rumah tangga diduga berpengaruh terhadap kasus penyakit campak karena nilai tersebut mempengaruhi kepadatan hunian, di mana kepadatan hunian tersebut dihitung dari luas bangunan hunian dibagi anggota keluarga. Hal ini memiliki sebuah ilustrasi sederhana, saat anggota keluarga banyak, maka dibutuhkan tempat tinggal yang cukup luas pula.

Apabila terjadi sebaliknya, maka kasus penyakit campak akan lebih mudah menyebar.



**Gambar 4.4** Grafik Pemberian ASI Eksklusif Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Tahun 2020

Variabel  $x_3$  pada penelitian ini adalah pemberian ASI eksklusif. Angka pemberian ASI eksklusif pada tabel 4.1 menyatakan bahwa daerah yang memiliki nilai maksimum dalam pemberian ASI eksklusif adalah kota Surabaya sebanyak 12.333 jiwa, sedangkan daerah yang memiliki nilai minimum adalah kota Mojokerto sebanyak 128 jiwa. Menurut profil kesehatan tahun 2020, cakupan pemberian ASI eksklusif di provinsi Jawa Timur mencapai 61%. Persentase tersebut mengalami penurunan dari tahun 2019, penurunan tersebut selaras dengan angka penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 namun tidak memberi hasil kesimpulan yang sesuai. Hal ini mungkin terjadi karena adanya COVID 19 yang menyebabkan minimnya jumlah yang diperiksa. Meskipun demikian, provinsi Jawa Timur telah mencapai target Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2020 sebesar 40%.



## 4.2 Distribusi Poisson

Sebelum melakukan proses regresi ZINB, perlu diperhatikan apakah data berdistribusi poisson. Uji *Kolmogorov Smirnov* sesuai dengan persamaan (2.20) untuk mengetahui data kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 berdistribusi Poisson atau tidak.

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian *Kolmogorov Smirnov* berikut:

$H_0$  : data berdistribusi Poisson

$H_1$  : data tidak berdistribusi Poisson

**Tabel 4.2 Hasil Uji *Kolmogorov Smirnov***

$KS_{hit}$	$KS_{0,1;38}$	$p - value$
0,034	0,198	1,000

Berdasarkan tabel 4.2, hasil uji *Kolmogorov Smirnov* menunjukkan bahwa  $KS_{hit} < KS_{0,1;38}$  ( $0,034 < 0,198$ ) atau  $p - value = 1 > \alpha = 0,1$  maka terima  $H_0$ , yang berarti data kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 berdistribusi Poisson.

## 4.3 Uji Overdispersi

Setelah dapat dipastikan data berdistribusi poisson, selanjutnya dilakukan uji overdispersi. Statistik uji yang digunakan dalam uji overdispersi pada penelitian ini adalah *Pearson Chi Square* seperti yang dituliskan pada persamaan (2.22).

Hipotesis:

$H_0: \phi \leq 1$  (suatu data tidak mengalami overdispersi)

$H_1: \phi > 1$  (suatu data mengalami overdispersi)

dengan kriteria sesuai dengan persamaan (2.21):

- Jika nilai dispersi ( $\emptyset$ )  $> 1$  maka suatu data mengalami overdispersi
- Jika nilai ( $\emptyset$ )  $\leq 1$  maka suatu data tidak mengalami overdispersi

Berdasarkan output dari SPSS, diperoleh nilai *Pearson Chi Square* sebesar 42,824 dengan derajat bebas/db sebesar 34, dengan nilai dispersi sebesar 1,260. Karena nilai dispersi ( $\emptyset$ ) = 1,260  $> 1$  maka  $H_0$  ditolak, yang berarti data kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 mengalami masalah overdispersi.

#### 4.4 *Excess Zeros*

*Excess zeros* adalah suatu keadaan di mana nilai nol lebih mendominasi dibandingkan nilai diskrit lainnya pada suatu variabel terikat. Tabel 4.3 akan menunjukkan ada atau tidaknya masalah *excess zeros*:

**Tabel 4.3 *Excess Zeros* pada Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020**

Jumlah kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020	Frekuensi dari jumlah kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020	Persentase	Persentase kumulatif
0	29	76,4	76,4
1	7	18,4	94,8
2	1	2,6	97,4
3	1	2,6	100,0

Berdasarkan tabel 4.3, disimpulkan bahwa terjadi masalah *excess zeros* pada variabel jumlah kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 karena persentase observasi bernilai nol lebih dari 50% yaitu 76,4%. Data kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 mengalami masalah overdispersi dan *excess zeros* maka salah satu metode alternatif yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah regresi ZINB.

#### 4.5 Regresi Zero Inflated Negative Binomial

##### a) Estimasi parameter model regresi ZINB

Pada taraf signifikan  $\alpha = 10\%$ , dengan bantuan software Rstudio, hasil estimasi parameter model regresi ZINB sesuai dengan persamaan (2.12) dan (2.13), yang fungsi *likelihood*-nya dimaksimalisasikan seperti persamaan (2.17) dan (2.18) dapat dipelajari pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4 Estimasi Parameter Model Regresi ZINB**

Variabel	Regresi ZINB		
	Model <i>Count Regression</i>		
	Estimasi	Std. Error	<i>p-value</i>
Intersep	6,084	3,914	0,120
$x_1$	$-1,043 \times 10^{-4}$	$1,190 \times 10^{-6}$	$< 2 \times 10^{-16}***$
$x_2$	-1,641	1,290	0,203
$x_3$	$-8,466 \times 10^{-5}$	$1,241 \times 10^{-5}$	$8,86 \times 10^{-12}***$
	Model <i>Zero Inflated</i>		
	Estimasi	Std. Error	<i>p-value</i>
	Intersep	-0,9223	9,4859
$x_1$	-0,0005	0,0003	0,0735*
$x_2$	1,8502	3,2046	0,5637
$x_3$	-0,0006	0,0004	0,1924

##### b) Uji parameter model regresi ZINB

Uji parameter model regresi ZINB terdiri dari 2 uji yaitu uji simultan dan parsial.

##### 1. Uji Simultan

Uji simultan digunakan untuk menguji apakah variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat secara bersamaan, hipotesis yang digunakan adalah

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \gamma_0 = \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = 0$$

$$H_1: \text{minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0 \text{ atau } \gamma_j \neq 0, \text{ untuk } j = 0,1,2,3$$

Selanjutnya, statistik uji yang digunakan adalah statistik G seperti pada persamaan (2.23). Berdasarkan output dari bantuan software Rstudio, diperoleh nilai  $G_{hitung} = 11,076 > \chi_{0,1;6}^2 = 10,645$  maka tolak  $H_0$ , yang berarti terdapat minimal satu variabel bebas yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020.

## 2. Uji Parsial

Uji parsial adalah uji parameter pada model secara individu yang terdiri dari masing-masing variabel bebas. Pertama, uji parameter untuk model *count regression* dengan hipotesis:

$$H_0: \beta_j = 0 \text{ vs } H_1: \beta_j \neq 0, j = 0,1,2,3$$

Untuk  $\alpha = 0,1$  dan  $db = 1$ , diperoleh  $\chi_{0,1;1}^2 = 2,706$ . Berdasarkan tabel 4.4 dan persamaan (2.24) diperoleh statistik uji *Wald* masing-masing variabel bebas dan hasil ujinya disajikan dalam tabel 4.5:

**Tabel 4.5 Hasil Uji Wald pada Model Count Regression**

Parameter	$W_{hitung}$	$\chi_{0,1;1}^2$	Kriteria	Kesimpulan
$\beta_0$	$\left(\frac{6,084}{3,914}\right)^2$ = 2,4149	2,706	Terima $H_0$	Variabel $x_0$ tidak signifikan terhadap variabel terikat
$\beta_1$	$\left(\frac{-1,043 \times 10^{-4}}{1,190 \times 10^{-6}}\right)^2$ = 7684,4509		Tolak $H_0$	Variabel $x_1$ signifikan terhadap variabel terikat
$\beta_2$	$\left(\frac{-1,641}{1,290}\right)^2$ = 1,6180		Terima $H_0$	Variabel $x_2$ tidak signifikan terhadap variabel terikat
$\beta_3$	$\left(\frac{-8,466 \times 10^{-5}}{1,241 \times 10^{-5}}\right)^2$ = 46,5670		Tolak $H_0$	Variabel $x_3$ signifikan terhadap variabel terikat

Sehingga model *count regression* diperoleh variabel yang berpengaruh signifikan terhadap kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 adalah cakupan imunisasi campak dan pemberian ASI eksklusif.

Selanjutnya, uji parameter untuk model *zero inflation* dengan hipotesis:

$$H_0: \gamma_j = 0 \text{ vs } H_1: \gamma_j \neq 0, j = 0,1,2,3$$

Untuk  $\alpha = 0,1$  dan  $db = 1$ , diperoleh  $\chi_{0,1,1}^2 = 2,706$ . Berdasarkan tabel 4.4 dan persamaan (2.25) diperoleh statistik uji *Wald* masing-masing variabel bebas dan hasil ujinya disajikan dalam tabel 4.6:

**Tabel 4. 6 Hasil Uji Wald pada Model Zero Inflation**

Parameter	$W_{hitung}$	$\chi_{0,1,1}^2$	Kriteria	Kesimpulan
$\gamma_0$	$\left(\frac{-0,9223}{9,4859}\right)^2$ = 0,0094	2,706	Terima $H_0$	Variabel $x_0$ tidak signifikan terhadap variabel terikat
$\gamma_1$	$\left(\frac{-0,0005}{0,0003}\right)^2$ = 3,2041		Tolak $H_0$	Variabel $x_1$ signifikan terhadap variabel terikat
$\gamma_2$	$\left(\frac{1,8502}{3,2046}\right)^2$ = 0,3329		Terima $H_0$	Variabel $x_2$ tidak signifikan terhadap variabel terikat
$\gamma_3$	$\left(\frac{-0,0006}{0,0004}\right)^2$ = 1,7004		Terima $H_0$	Variabel $x_3$ tidak signifikan terhadap variabel terikat

Sehingga model *zero inflation* diperoleh variabel yang berpengaruh signifikan terhadap kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 adalah cakupan imunisasi campak. Berdasarkan uji parameter model ZINB, variabel yang tidak signifikan pada model *count regression* adalah rata-rata jiwa per rumah tangga, sedangkan variabel yang tidak signifikan pada model *zero inflation* adalah rata-rata jiwa per rumah tangga dan pemberian ASI eksklusif. Karena variabel rata-rata jiwa per rumah tangga tidak signifikan pada kedua model, maka

dilakukan eliminasi terhadap variabel tersebut untuk mendapatkan model terbaik dari regresi ZINB-nya.

c) Regresi ZINB Revisi

Pada taraf signifikan  $\alpha = 10\%$ , dengan bantuan software Rstudio, hasil estimasi parameter model regresi ZINB sesuai dengan persamaan (2.12) dan (2.13), yang fungsi *likelihood*-nya dimaksimalisasikan seperti persamaan (2.17) dan (2.18) dapat dipelajari pada tabel 4.7 berikut:

**Tabel 4.7 Estimasi Parameter Model Regresi ZINB Revisi**

Variabel	Regresi ZINB		
	Model <i>Count Regression</i>		
	Estimasi	Std. Error	<i>p-value</i>
Intersep	1,108	$3,882 \times 10^{-1}$	0,0043**
$x_1$	$-1,123 \times 10^{-4}$	$1,249 \times 10^{-6}$	$< 2 \times 10^{-16}$ ***
$x_3$	$-9 \times 10^{-5}$	$1,315 \times 10^{-5}$	$7,74 \times 10^{-12}$ ***
	Model <i>Zero Inflation</i>		
	Estimasi	Std. Error	<i>p-value</i>
	Intersep	5,1053	1,7595
$x_1$	-0,0005	0,0003	0,0754*
$x_3$	-0,0005	0,0004	0,2446

Selanjutnya, melakukan uji parameter model regresi ZINB terdiri dari 2 uji yaitu uji simultan dan parsial.

1. Uji simultan

Uji simultan digunakan untuk menguji apakah variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat secara bersamaan, hipotesis yang digunakan adalah

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_3 = \gamma_0 = \gamma_1 = \gamma_3 = 0$$

$$H_1: \text{minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0 \text{ atau } \gamma_j \neq 0, \text{ untuk } j = 0,1,3$$

Selanjutnya, statistik uji yang digunakan adalah statistik G seperti pada persamaan (2.23). Berdasarkan output dari bantuan software Rstudio, diperoleh

nilai  $G_{hitung} = 7,068 < \chi_{0,1;4}^2 = 7,779$  maka terima  $H_0$ , yang berarti tidak terdapat variabel bebas yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020.

## 2. Uji Parsial

Uji parsial adalah uji parameter pada model secara individu yang terdiri dari masing-masing variabel bebas. Pertama, uji parameter untuk model *count regression* dengan hipotesis:

$$H_0: \beta_j = 0 \text{ vs } H_1: \beta_j \neq 0, j = 0,1,3$$

Untuk  $\alpha = 0,1$  dan  $db = 1$ , diperoleh  $\chi_{0,1;1}^2 = 2,706$ . Berdasarkan tabel 4.4 dan persamaan (2.24) diperoleh statistik uji *Wald* masing-masing variabel bebas dan hasil ujinya disajikan dalam tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Hasil Uji Wald pada Model Count Regression (Model ZINB Revisi)**

Parameter	$W_{hitung}$	$\chi_{0,1;1}^2$	Kriteria	Kesimpulan
$\beta_0$	$\left(\frac{1,108}{3,882 \times 10^{-1}}\right)^2 = 8,151$	2,706	Tolak $H_0$	Variabel $x_0$ signifikan terhadap variabel terikat
$\beta_1$	$\left(\frac{-1,123 \times 10^{-4}}{1,249 \times 10^{-6}}\right)^2 = 8076,7966$		Tolak $H_0$	Variabel $x_1$ signifikan terhadap variabel terikat
$\beta_3$	$\left(\frac{-9 \times 10^{-5}}{1,315 \times 10^{-5}}\right)^2 = 46,8266$		Tolak $H_0$	Variabel $x_3$ signifikan terhadap variabel terikat

Sehingga model *count regression* diperoleh variabel yang berpengaruh signifikan terhadap kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 adalah cakupan imunisasi campak, pemberian ASI eksklusif dan variabel lain yang tidak diketahui.

Selanjutnya, uji parameter untuk model *zero inflation* dengan hipotesis:

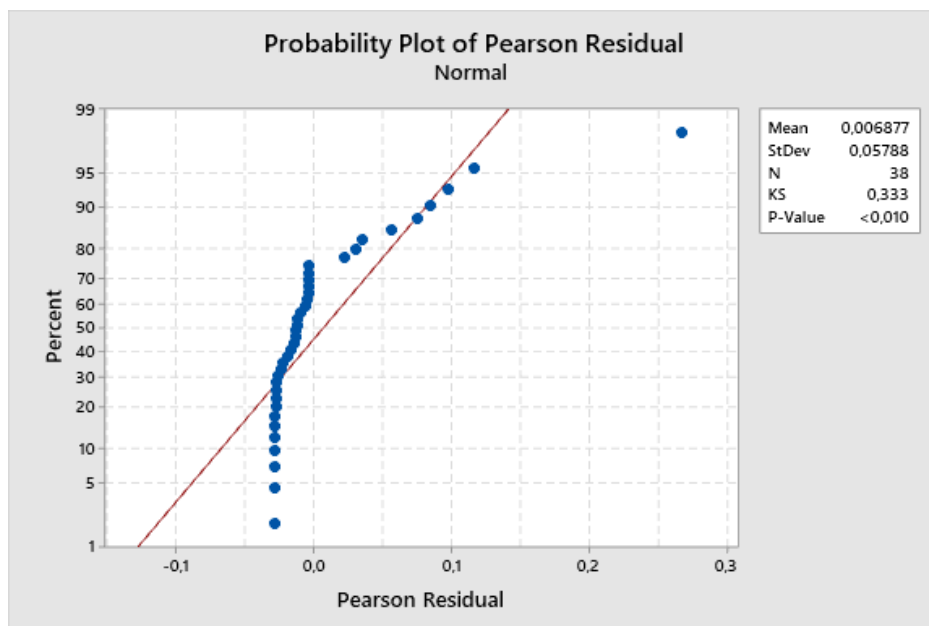
$$H_0: \gamma_j = 0 \text{ vs } H_1: \gamma_j \neq 0, j = 0,1,3$$

Untuk  $\alpha = 0,1$  dan  $db = 1$ , diperoleh  $\chi_{0,1;1}^2 = 2,706$ . Berdasarkan tabel 4.4 dan persamaan (2.25) diperoleh statistik uji *Wald* masing-masing variabel bebas dan hasil ujinya disajikan dalam tabel 4.9.

**Tabel 4. 9 Hasil Uji Wald pada Model Zero Inflation (Model ZINB Revisi)**

Parameter	<i>Whitung</i>	$\chi_{0,1;1}^2$	Kriteria	Kesimpulan
$\gamma_0$	$\left(\frac{5,1053}{1,7595}\right)^2 = 8,4216$	2,706	Tolak $H_0$	Variabel $x_0$ signifikan terhadap variabel terikat
$\gamma_1$	$\left(\frac{-0,0005}{0,0003}\right)^2 = 3,1613$		Tolak $H_0$	Variabel $x_1$ signifikan terhadap variabel terikat
$\gamma_3$	$\left(\frac{-0,0005}{0,0004}\right)^2 = 1,3549$		Terima $H_0$	Variabel $x_3$ tidak signifikan terhadap variabel terikat

Sehingga model *zero inflation* diperoleh variabel yang berpengaruh signifikan terhadap kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 adalah cakupan imunisasi campak dan variabel lain yang tidak diketahui. Pengujian analisis residual pada data regresi ZINB setelah direvisi dapat menggunakan pendekatan *Pearson Residual* seperti berikut:



**Gambar 4.5** Q-Q Plot dari *Pearson Residual*



Berdasarkan gambar 4.5, hasil uji normalitas dari *Pearson Residual* adalah  $KS_{hit} > KS_{0,1;38}$  ( $0,333 > 0,198$ ) atau  $p - value < 0,010 < 0,1$  maka tolak  $H_0$ , yang berarti *Pearson Residual* dari data kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 tidak berdistribusi normal, sehingga data tersebut cocok untuk diselesaikan dengan menggunakan metode regresi ZINB.

#### 4.6 Interpretasi Model

Berdasarkan hasil uji parameter simultan dan parsial pada subbab 4.5, maka hasil dari estimasi parameter model *zero inflation negative binomial* diperoleh. Model *count regression* dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{\mu}_i = e^{(1,108 - 1,123 \times 10^{-4} x_{i1} - 9 \times 10^{-5} x_{i3})}$$

Berdasarkan model *count regression* di atas, diketahui bahwa setiap kenaikan cakupan imunisasi campak sebanyak 1 jiwa dapat menurunkan kasus penyakit campak sebesar  $e^{(1,108 - 1,123 \times 10^{-4} x_{i1})} = 0,0112\%$ . Setiap kenaikan pemberian ASI eksklusif sebanyak 1 jiwa dapat menurunkan kasus penyakit campak sebesar  $e^{(1,108 - 9 \times 10^{-5} x_{i3})} = 0,009\%$ . Selain itu terdapat pengaruh lainnya yang disebabkan oleh variabel lain yang tidak diketahui.

Model *zero inflated* dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{p}_i = \frac{e^{(5,1053 - 0,0005 x_{i1})}}{1 + e^{(5,1053 - 0,0005 x_{i1})}}$$

Selanjutnya, akan dinyatakan estimasi proporsi nol ( $p$ ) sebagai berikut:

$$\hat{p} = \frac{1}{38} \sum_{i=1}^{38} \hat{p}_i = \frac{1}{38} \times 17,3603 = 0,4568$$

Berdasarkan hasil estimasi proporsi nol ( $\hat{p}$ ), terdapat nilai estimasi proporsi nol yang relatif berbeda dari proporsi nol pada kenyataannya yaitu 76,4% (berdasarkan tabel 4.3). Hal ini diduga karena adanya wabah COVID-19 yang menyebabkan petugas kesehatan yang tidak memadai diharapkan fokus untuk menangani wabah tersebut dan kurangnya pengetahuan akan pentingnya cakupan imunisasi campak terhadap angka penyakit campak di kalangan masyarakat. Dari estimasi parameter di atas, maka diperoleh nilai variansi dan *mean* dari model ZINB yang direvisi pada lampiran 8. Selanjutnya diperoleh peluang dari model regresi ZINB direvisi (umum) yang dilampirkan pada lampiran 9. Sehingga peluang kasus penyakit campak di Kabupaten Pacitan sebesar 0,8882. Peluang kasus penyakit campak di kota dan kabupaten Jawa Timur yang lain dapat dilihat pada lampiran 10.

Penelitian ini melakukan pemilihan beberapa faktor yang diduga mempengaruhi kasus penyakit campak seperti cakupan imunisasi campak, rata-rata jiwa per rumah tangga dan pemberian ASI eksklusif. Faktor-faktor tersebut akan di analisis dengan regresi *zero inflated negative binomial*. Model regresi ZINB melakukan estimasi parameter menggunakan MLE yang memaksimalkan fungsi *ln likelihood* dengan algoritma EM. Hasil dari penelitian ini adalah cakupan imunisasi campak dan pemberian ASI eksklusif berpengaruh signifikan terhadap kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020. Hal ini sesuai dengan penyakit campak sebagai salah satu contoh penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi dan mudah tidaknya seseorang terkena campak juga dipengaruhi oleh imun tubuh.

ASI eksklusif adalah makanan sekaligus minuman terbaik untuk seorang bayi, sehingga penting bagi seorang ibu menyusui anaknya. Kandungan penting

pada ASI eksklusif adalah kolostrum. Kolostrum adalah air susu ibu yang pertama kali keluar yang mengandung berbagai vitamin dan protein utama *globulin*. Protein *globulin* memiliki manfaat utama sebagai antibodi alami untuk memberi daya tahan tubuh alami pada anak terhadap berbagai penyakit. Pemberian ASI eksklusif diberikan kepada bayi sampai usia 2 tahun. Hal ini telah tercantum dalam surah Al Baqarah ayat 233 yang artinya “*Para ibu hendaknya menyusukan anak-anaknya selama dua tahun penuh, yaitu bagi yang ingin menyempurnakan penyusuan...*”.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan implementasi model regresi *zero inflated negative binomial* (ZINB) pada kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020, disimpulkan bahwa variabel persentase cakupan imunisasi campak dan pemberian ASI eksklusif berpengaruh signifikan pada model *count regression*. Berdasarkan model *count regression* di atas, diketahui bahwa setiap kenaikan cakupan imunisasi campak sebanyak 1 jiwa dapat menurunkan kasus penyakit campak sebesar 0,0112%. Setiap kenaikan pemberian ASI eksklusif sebanyak 1 jiwa dapat menurunkan kasus penyakit campak sebesar 0.009%. Pada *zero inflation*, memiliki estimasi proporsi nol yang relatif berbeda dengan proporsi nol pada kenyataannya.

### **5.2 Saran**

1. Bagi penelitian selanjutnya sebaiknya menambah variabel bebas lain yang diduga berpengaruh terhadap kasus penyakit campak sehingga diperoleh model yang lebih baik.
2. Pada penelitian ini menggunakan metode regresi *zero inflated negative binomial*, sehingga pada penelitian berikutnya disarankan menggunakan metode regresi poisson lain yang dapat menyelesaikan masalah overdispersi dan *excess zeros* seperti regresi *hurdle negative binomial*, *hurdle poisson*, *zero inflated poisson*, *zero inflated poisson invers gaussian*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. (2002). *An Introduction to Categorical Data Analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Al-Sheikh, A. b. (1994). *Labaabut Tafsir Min Ibni Katsirr* (6 ed.). Kairo: Muassasah Daar al-Hilaal.
- Andriani, L. (2017). Hubungan Karakteristik Balita, Umur Saat Imunisasi Campak, Riwayat ASI Eksklusif terhadap Campak Klinis. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 5(2), 265-275.
- Daniel, W. W. (1990). *Applied Nonparametric Statistics* (2nd). edn. Boston: PWS-Kent Publishing Company.
- Departemen Agama RI. (2015). *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: CV Darus Sunnah
- Famoye, F., & Singh, K. (2006). Zero Inflated Generalized Poisson Regression Model with an Application to Domestic Violence Data. *Journal of Data Science*, 4, 117-130.
- Garay, A., Hashimoto, E., Lachos, V., & Ortega, E. (2011). On Estimation and Influence Diagnostics for Zero-Inflated Negative Binomial Regression Models. *Computational Statistics and Data Analysis*, 55, 1304-1318.
- Giarsawan, N., Asmara, I., & Yulianti, A. (2014). Faktor Faktor yang Mempengaruhi Kejadian Campak di Wilayah Puskesmas Tejakula I Kecamatan Tejakula Kabupaten Buleleng Tahun 2012. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 4(2), 140-145.
- Hall, D. B. (2000). Zero-Inflated Poisson and Binomial Regression with Random Effects: A Case Study. *Biometrics*, 56, 1030-1039.
- Hilbe, J. M. (2007). *Negative Binomial Regression*. United State of America: Cambridge University Press, New York.
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression*. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- InfoDatin RI. (2018) . *Imunisasi Situasi Campak dan Rubella di Indonesia*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI
- Kemenkes RI. (2016). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2016*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kemenkes RI. (2020). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2020*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kemenkes RI. (2020). *Pedoman Surveilans Campak-Rubela*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI
- Marni. (2012). *ASI Saja Mama, Karena Aku Bukan Anak Sapi*. Yogyakarta: Purtaka Pelajar.
- Myers, G. H., D. C. Montgomery, G. G. Vining & T.J. Robinson. 2010. *Generalized Linier Models with Application in Engeneering and The Science* (2th ed). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Pradana, D., & Lestari, T. (2020). Estimasi Parameter Regresi Zero Inflated Negative Binomial dengan Metode Algoritma Expectation Maximization (EM) (Studi Kasus: Penyakit Difteri di Jawa Barat Tahun 2016). *Jurnal Kajian Matematika dan Aplikasinya (JKMA)* , 18-26.

- Rahayu, A. (2020). Model-Model Regresi untuk Mengatasi Masalah Overdispersi pada Regresi Poisson. *Jurnal Perguruang*, 1-5.
- Sahayati, S., Dharmawijaya, I., & Pramono, D. (2018). Hubungan Cakupan Imunisasi, Ketinggian Tempat, Status Gizi, Kepatuhan Pelaporan Pemantauan Suhu Freezer terhadap Kejadian Campak pada Balita di Kabupaten Sleman Tahun 2015. *Jurnal Formil (Forum Ilmiah) KesMas Respati*, 3(2), 133-142.
- Shihab, M. Q. (2003). *Tafsir Mishbah Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an Volume 10*. Jakarta: Lentera Hati.
- Ulfah, M., Hernowo, B., Husin, F., Rusmil, K., Dhamayanti, M., & Mose, J. (2015). Faktor- Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Penyakit Campak pada Balita di Kecamatan Bekasi Timur Kota Bekasi. *IJEMC*, 5(2), 20-26.
- Utami, I. (2020). Pemodelan Zero Inflated Negative Binomial (ZINB) Pada Kasus Jumlah Bepergian Penduduk Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan (JIMT)*, 202-211.
- Walpole, R. E. (1993). *Pengantar Statistika* (3 ed). Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- WHO. (2017). *Immunization, Vaccines and Biological: Measles*. Geneva (CHE): WHO
- Widoyono. (2011). Penyakit Tropis Epidemiologi, Penularan, Pencegahan dan Pemberantasannya Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Yang, Z. (2009). Testing Overdispersion in the Zero Inflated Poisson. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 3340-3353
- Yulian, E. (2018). Zero Inflated Negative Binomial (ZINB) untuk Pemodelan Frekuensi Bepergian Penduduk Kabupaten Tapanuli Selatan Tahun 2016. *Fourier*, 7, 35-42.
- Zeileis, A., Kleiber, C., & Jackman, S. (t.thn.). *Regression Model for Count Data in R*. Diambil kembali dari <https://cran.r-project.org/web/packages/pscl/vignettes/countreg.pdf>.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Data Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020 beserta Faktornya

Kota/Kab	Y	X1	X2	X3
Pacitan	0	6066	3,2	2051
Ponorogo	3	9809	2,7	730
Trenggalek	0	7609	3,2	697
Tulungagung	1	11907	2,9	810
Blitar	0	33659	2,2	1400
Kediri	2	10559	3,2	1550
Malang	0	22156	3,4	3251
Lumajang	1	14326	2,9	1531
Jember	0	26621	3,4	3784
Banyuwangi	1	21143	2,9	2387
Bondowoso	0	8873	3	909
Situbondo	1	5343	3,1	758
Probolinggo	0	15391	3,6	1955
Pasuruan	0	28755	3,7	3262
Sidoarjo	0	17323	3,5	2725
Mojokerto	0	33809	2,9	1210
Jombang	0	16204	3,2	1721
Nganjuk	0	14216	3,6	1189
Madiun	0	7538	3,4	652
Magetan	0	7387	2,6	874
Ngawi	0	11349	2,9	3434
Bojonegoro	0	16042	3,2	1656
Tuban	1	15019	3,2	1773
Lamongan	0	14668	3,5	1561
Gresik	1	20446	3,7	2044
Banyuwangi	0	4449	3,4	789
Sampang	0	9615	3,3	925
Pamekasan	0	7193	3,9	829
Sumenep	0	12040	3	1823
Kota Kediri	0	3788	3,6	1629
Kota Blitar	0	1645	2,8	235
Kota Malang	0	8168	4	3047
Kota Probolinggo	0	2555	3,6	302
Kota Pasuruan	0	36253	3,6	192
Kota Mojokerto	0	1843	2,8	128
Kota Madiun	0	1777	2,5	158
Kota Surabaya	1	2290	3	12333
Kota Batu	0	2335	4	326

Keterangan:

Y : Jumlah kasus penyakit campak Jawa Timur tahun 2020 (jiwa)

X1 : Cakupan imunisasi campak (jiwa)

X2 : Rata-rata jiwa per rumah tangga (jiwa)

X3 : Pemberian ASI eksklusif (jiwa)

## Lampiran 2 Hasil Pengujian Distribusi Poisson

### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Y
N		38
Poisson Parameter <sup>a,b</sup>	Mean	,32
Most Extreme Differences	Absolute	,034
	Positive	,034
	Negative	-,022
Kolmogorov-Smirnov Z		,209
Asymp. Sig. (2-tailed)		1,000

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.



### Lampiran 3 Hasil Uji Overdispersi

#### Goodness of Fit<sup>a</sup>

	Value	df	Value/df
Deviance	33,065	34	,973
Scaled Deviance	33,065	34	
Pearson Chi-Square	42,824	34	1,260
Scaled Pearson Chi-Square	42,824	34	
Log Likelihood <sup>b</sup>	-26,335		
Akaike's Information Criterion (AIC)	60,671		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	61,883		
Bayesian Information Criterion (BIC)	67,221		
Consistent AIC (CAIC)	71,221		

Dependent Variable: Y

Model: (Intercept), X18, X8, X11

- a. Information criteria are in smaller-is-better form.
- b. The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.

**Lampiran 4 Syntax Model Regresi ZINB dengan Rstudio**

```
#Package yang digunakan
```

```
library(pscl)
```

```
library(lmtest)
```

```
library(MASS)
```

```
#Uji kesesuaian model regresi ZINB
```

```
lrtest(zinb1<-zeroinfl(formula = Y~ X1+X2+X3, dist="negbin" , data = jatimm1 ))
```

```
#Model regresi ZINB
```

```
zinb1<-zeroinfl(formula = Y ~ X1+X2+X3 , data = jatimm1, dist = "negbin")
```

```
summary(zinb1)
```

## Lampiran 5 Hasil Model Regresi ZINB

#Kesesuaian Model Regresi ZINB

Likelihood ratio test

Model 1:  $Y \sim X1 + X2 + X3$

Model 2:  $Y \sim 1$

	#Df	LogLik	Df	Chisq	Pr(>Chisq)
1	9	-22,009			
2	3	-27,547	-6	11,076	0,08604 *

#Model regresi ZINB

Count model coefficients (negbin with log link):

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z )
(Intercept)	6,084e <sup>+0</sup>	3,914e <sup>+0</sup>	1,554	0,120
X1	-1,043e <sup>-4</sup>	1,190e <sup>-6</sup>	-87,661	< 2e <sup>-16</sup> ***
X2	-1,641e <sup>+0</sup>	1,290e <sup>+0</sup>	-1,272	0,203
X3	-8,466e <sup>-5</sup>	1,241e <sup>-5</sup>	-6,824	8,86e <sup>-12</sup> ***
Log(theta)	7,285e <sup>+0</sup>	6,514e <sup>-2</sup>	111,824	< 2e <sup>-16</sup> ***

Zero-inflation model coefficients (binomial with logit link):

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z )
(Intercept)	-0,9223	9,4859	-0,097	0,9225
X1	-0,0005	0,0003	-1,790	0,0735*
X2	1,8502	3,2046	0,577	0,5637
X3	-0,0006	0,0004	-1,304	0,1924

## Lampiran 6 Hasil Model Regresi ZINB Revisi

#Kesesuaian Model Regresi ZINB Revisi

Likelihood ratio test

Model 1:  $Y \sim X1 + X3$

Model 2:  $Y \sim 1$

	#Df	LogLik	Df	Chisq	Pr(>Chisq)
1	7	-24,013			
2	3	-27,547	-4	7,068	0,1323

#Model regresi ZINB revisi

Count model coefficients (negbin with log link):

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z )
(Intercept)	1,108e <sup>+0</sup>	3,882e <sup>-1</sup>	2,855	0,0043
X1	-1,123e <sup>-4</sup>	1,249e <sup>-6</sup>	-89,871	< 2e <sup>-16</sup> ***
X3	-9e <sup>-5</sup>	1,315e <sup>-5</sup>	-6,843	7,74e <sup>-12</sup> ***
Log(theta)	7,104e <sup>+0</sup>	6,503e <sup>-2</sup>	109,243	< 2e <sup>-16</sup> ***

Zero-inflation model coefficients (binomial with logit link):

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z )
(Intercept)	5,1053	1,7595	2,902	0,00371**
X1	-0,0005	0,0003	-1,778	0,07539*
X3	-0,0005	0,0004	-1,164	0,24459

**Lampiran 7 Hasil Pemeriksaan Kebaikan Model menggunakan *Pearson Residual***

$y_i$	$\hat{p}_i$	$\hat{\mu}_i$	$\hat{\sigma}$	$\hat{r}e_i$
0	0,88818159	1,274047	1216,3609	-0,009579532
3	0,550032	0,94247	1216,3609	0,116727245
0	0,78596959	1,210192	1216,3609	-0,013253672
1	0,29981058	0,739297	1216,3609	0,022337226
0	8,0955E-06	0,060938	1216,3609	-0,028475761
2	0,4565598	0,804708	1216,3609	0,075464268
0	0,00254088	0,187738	1216,3609	-0,028568315
1	0,11327665	0,528031	1216,3609	0,030634327
0	0,00027315	0,108381	1216,3609	-0,028555272
1	0,00420947	0,227367	1216,3609	0,097566505
0	0,66123441	1,030199	1216,3609	-0,016674185
1	0,91936868	1,552336	1216,3609	0,0568584
0	0,0697718	0,450968	1216,3609	-0,027623135
0	9,3993E-05	0,089388	1216,3609	-0,028535028
0	0,02775478	0,338706	1216,3609	-0,028232071
0	7,5105E-06	0,060953	1216,3609	-0,028475818
0	0,04757518	0,420379	1216,3609	-0,027949162
0	0,11891973	0,551305	1216,3609	-0,026887418
0	0,79188082	1,224831	1216,3609	-0,013069387
0	0,8040497	1,221134	1216,3609	-0,012681468
0	0,36142144	0,621541	1216,3609	-0,022889792
0	0,05138289	0,430608	1216,3609	-0,027893839
1	0,08285299	0,477972	1216,3609	0,035142006
0	0,09720266	0,506766	1216,3609	-0,027215227
1	0,00595412	0,253588	1216,3609	0,084665703
0	0,94688911	1,711495	1216,3609	-0,006602444
0	0,57390462	0,946471	1216,3609	-0,018700303
0	0,8188833	1,253095	1216,3609	-0,012192055
0	0,28603904	0,664871	1216,3609	-0,024204941
0	0,96125731	1,709152	1216,3609	-0,005639039
0	0,986384	2,464814	1216,3609	-0,003343201
0	0,73522575	0,919894	1216,3609	-0,014740049
0	0,97870588	2,211992	1216,3609	-0,004180813
0	2,2129E-06	0,050768	1216,3609	-0,028437968
0	0,9849883	2,433939	1216,3609	-0,003510362
0	0,98546852	2,445435	1216,3609	-0,00345376
1	0,981299	0,771717	1216,3609	0,267470552
0	0,98088159	2,26243	1216,3609	-0,003961486
Jumlah	17,3602611			

**Lampiran 8 Variansi dan Mean Model ZINB Revisi**

$\overline{E}(Y_i)$	$\overline{Var}(Y_i)$
0,142461874	221,1610899
0,424081546	486,9896676
0,25901796	381,9331299
0,517647646	466,3052633
0,060937057	4,579439004
0,437310723	428,8076656
0,187260812	42,96596328
0,468217645	301,3361033
0,108351848	14,39792945
0,226410115	62,86661383
0,348996014	438,0782533
0,125166933	236,734263
0,419502981	230,634442
0,089379807	9,811202105
0,329305258	136,0541705
0,060952634	4,581762246
0,400379151	205,2132207
0,485744096	326,3749874
0,254910754	380,4221981
0,239281571	356,0241185
0,396903034	300,6665822
0,408482327	214,4519249
0,438370341	255,4153305
0,457506776	282,5993393
0,252077748	78,03651509
0,090899026	189,543558
0,4032871	465,0839705
0,226956344	346,5220362
0,474692055	384,6058505
0,066217165	137,8894173
0,033560918	100,7726344
0,243564353	273,0420965
0,047102433	126,9302891
0,050767743	3,186974369
0,036537563	108,3366111
0,03553578	105,8637594
0,014431888	13,57754774
0,043254066	119,216853

## Lampiran 9 Peluang dari Model Regresi ZINB Revisi

$$\begin{aligned}
 &P(Y_i = y_i) \\
 = &\begin{cases} \frac{e^{(5,1053-0,0005x_{i1})}}{1 + e^{(5,1053-0,0005x_{i1})}} + \left(1 - \frac{e^{(5,1053-0,0005x_{i1})}}{1 + e^{(5,1053-0,0005x_{i1})}}\right) \left(\frac{1}{1 + (1216.3609 \times e^{(1,108-1,123 \times 10^{-4}x_{i1} - 9 \times 10^{-5}x_{i3})})}\right)^{\frac{1}{1216.3609}}, & y_i = 0 \\ \left(1 - \frac{e^{(5,1053-0,0005x_{i1})}}{1 + e^{(5,1053-0,0005x_{i1})}}\right) \frac{\Gamma\left(y_i + \frac{1}{1216.3609}\right)}{y! \Gamma\left(\frac{1}{1216.3609}\right)} \left(\frac{1}{1 + (1216.3609 \times e^{(1,108-1,123 \times 10^{-4}x_{i1} - 9 \times 10^{-5}x_{i3})})}\right)^{\frac{1}{1216.3609}} \left(\frac{(1216.3609 \times e^{(1,108-1,123 \times 10^{-4}x_{i1} - 9 \times 10^{-5}x_{i3})})}{1 + (1216.3609 \times e^{(1,108-1,123 \times 10^{-4}x_{i1} - 9 \times 10^{-5}x_{i3})})}\right)^{y_i}, & y_i > 0 \end{cases}
 \end{aligned}$$

**Lampiran 10 Peluang Kasus Penyakit Campak Tiap Kota/Kabupaten di  
Jawa Timur Tahun 2020**

Kota/Kab	$P(Y_i = y_i)$
Pacitan	0,88818165
Ponorogo	8,8232E-11
Trenggalek	0,78596971
Tulungagung	5,251E-10
Blitar	1,9039E-05
Kediri	1,8721E-10
Malang	0,00254446
Lumajang	9,3023E-10
Jember	0,00027934
Banyuwangi	2,4161E-09
Bondowoso	0,66123463
Situbondo	2,8832E-11
Probolinggo	0,06977319
Pasuruan	0,00010148
Sidoarjo	0,02775671
Mojokerto	1,8452E-05
Jombang	0,04757671
Nganjuk	0,11892081
Madiun	0,79188093
Magetan	0,8040498
Ngawi	0,36142213
Bojonegoro	0,05138438
Tuban	1,0626E-09
Lamongan	0,09720386
Gresik	2,1641E-09
Banyuwangi	0,94688913
Sampang	0,57390492
Pamekasan	0,8188834
Sumenep	0,28603976
Kota Kediri	0,96125732
Kota Blitar	0,986384
Kota Malang	0,73522594
Kota Probolinggo	0,97870588
Kota Pasuruan	1,5314E-05
Kota Mojokerto	0,98498831
Kota Madiun	0,98546853
Kota Surabaya	1,3437E-11
Kota Batu	0,9808816



Lampiran 11 Tabel *Kolmogorov Smirnov*

$n$	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161

Dengan pendekatan

$n$	$1,07/\sqrt{n}$	$1,22/\sqrt{n}$	$1,35/\sqrt{n}$	$1,52/\sqrt{n}$	$1,63/\sqrt{n}$
-----	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

## RIWAYAT HIDUP



Fanny Millennia Amanda, lahir di Pasuruan 06 Januari 2000, tinggal di Jl Darmoyudo A No 51, Kecamatan Purworejo, Kelurahan Purworejo, Kota Pasuruan, Jawa Timur. Anak bungsu dari dua bersaudara, putri dari pasangan bapak Alm Hariadi dan ibu Dwi Nur Wahyuni. Pendidikan taman kanak-kanak ditempuh di TK Berdhikari, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN Kebonsari dan lulus tahun 2012. Selanjutnya melanjutkan pendidikan sekolah pertama di SMPN 2 Pasuruan dan lulus tahun 2015. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah di SMAN 1 Gondangwetan dan lulus tahun 2018. Hingga melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi pada tahun 2018 di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi. Penulis dapat dihubungi melalui email: [fannymillennia16@gmail.com](mailto:fannymillennia16@gmail.com)



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 : Fanny Millennia Amanda  
NIM : 18610013  
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika  
Judul Skripsi : Implementasi Regresi *Zero Inflated Negative Binomial* pada Kasus Penyakit Campak Jawa Timur Tahun 2020  
Pembimbing I : Fachrur Rozi, M.Si  
Pembimbing II : Ach. Nashichuddin, M.A

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	11 Januari 2022	Konsultasi BAB 1, 3	1.
2.	4 Februari 2022	Konsultasi BAB 1,3	2.
3.	5 Februari 2022	Konsultasi BAB 2	3.
4.	24 Februari 2022	Konsultasi BAB 2	4.
5.	26 Februari 2022	Konsultasi Kajian Agama	5.
6.	10 Maret 2022	Acc Kajian Agama	6.
7.	17 Maret 2022	Acc BAB 1, 2, 3	7.
8.	21 Maret 2022	Konsultasi Kajian Agama	8.
9.	21 April 2022	Konsultasi BAB 4,5	9.
10.	10 Mei 2022	Konsultasi BAB 4,5	10.
11.	13 Mei 2022	Acc Kajian Agama	11.
12.	10 Juni 2022	Konsultasi Keseluruhan	12.
13.	17 Juni 2022	Konsultasi Keseluruhan Sebelum Sidang Skripsi	13.
14.	24 Juni 2022	Acc Keseluruhan	14.

Malang, 27 Juni 2022  
Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika

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