

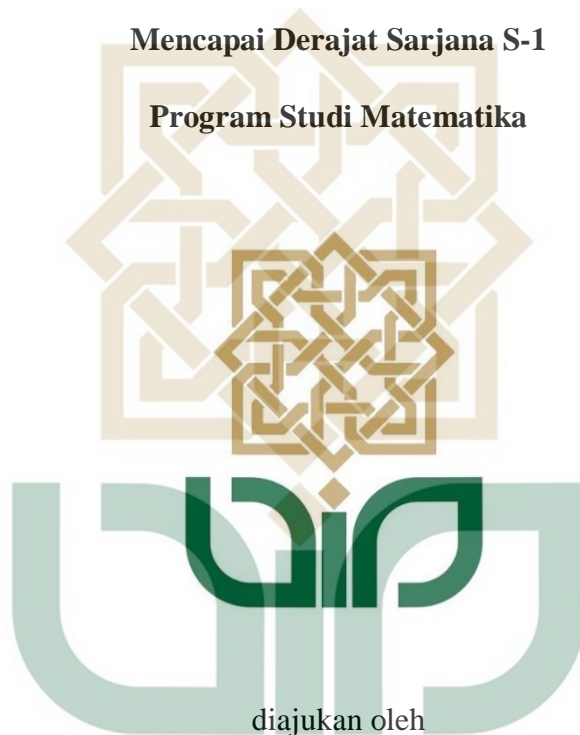
**ESTIMASI PARAMETER REGRESI *ZERO-INFLATED NEGATIVE
BINOMIAL (ZINB)* MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM
LIKELIHOOD**

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika



diajukan oleh

MOH. IRFAN AGUS SAPUTRO
15610008
kepada:

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2020

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

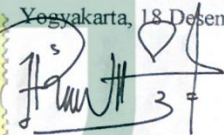
Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Moh. Irfan Agus Saputro
NIM : 15610008
Jurusan : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“ESTIMASI PARAMETER REGRESI ZERO-INFLATED NEGATIVE BINOMIAL (ZINB) MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Yogyakarta, 18 Desember 2019


Moh. Irfan Agus Saputro
NIM: 15610008

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp :-

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamualaikum wr. Wb.

Setelah membaca meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh. Irfan Agus Saputro

NIM : 15610008

Judul skripsi : Estimasi Parameter Regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) Menggunakan Metode Maksimum Likelihood

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata satu dalam bidang matematika.

Wassalamualaikum wr.wb.

Yogyakarta, 16 Desember 2019

Pembimbing


M. Farhan Qudratullah, M.Si.

NIP: 19790922200801 1 011



KEMENTERIAN AGAMA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-204/Un.02/DST/PP.00.9/01/2020

Tugas Akhir dengan judul : ESTIMASI PARAMETER REGRESI ZERO-INFLATED NEGATIVE
 BINOMIAL (ZINB) MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MOH. IRFAN AGUS SAPUTRO
 Nomor Induk Mahasiswa : 15610008
 Telah diujikan pada : Rabu, 08 Januari 2020
 Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si
 NIP. 197909222008011011

Penguji I

Penguji II

Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.
 NIP. 197509122008012015

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.
 NIP. 198004022005011003

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
 SUNAN KALIJAGA
 Yogyakarta, 08 Januari 2020
 UIN Sunan Kalijaga
 Fakultas Sains dan Teknologi
 Dekan



HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini penulis persembahkan

Kepada Tuhan semesta alam Alloh SWT

Baginda Agung Muhammad SAW

Untuk yang saya hormati dan cintai

Orang tua saya Ibu Siti Syarofah dan Bapak Athaur Rahman

Serta adik-adik saya Ali Ridlo dan Nilna Zahrotul Badi'ah

Untuk semua yang telah sudi menjadi keluarga di Daerah Istimewa Yogyakarta

Keluarga Sederhana Korp Oksigen 2015

Keluarga Sederhana Pencak Silat Nahdlatul Ulama Pagar Nusa UIN YK

Keluarga Besar PMII Aufklarung Fakultas Sains dan Teknologi

Keluarga Besar PMII Komisariat Pondok Sahabat

Keluarga Besar Pondok Pesantren Al-Munawwir Komplek L

Teman-teman Matematika terkhusus angkatan 2015

Bapak dan Ibu dosen yang memberi motivasi, waktu dan inspirasi selama ini

Serta Almamater UIN Sunan Kalijaga

MOTTO



*“Seperti apapun keadaannya, hanya ada satu kata, **BERJUANG!**”*

(Moh. Irfan Agus Saputro)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Tiada Tuhan selain Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW adalah utusan Allah. Memohon ampun atas semua kesalahan baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja kepada Zat Yang Maha Agung serta Zat Yang Maha Pemberi Maaf.

Tiada yang patut dipuji nan di sembah kecuali hanya kepada-Nya, yang senantiasa memberikan karunia-Nya sehingga kita dapat merasakan nikmatnya iman dan Islam. Hanya kepada-Nya lah kita menyembah dan meminta pertolongan, serta tidak ada kekuatan di dunia ini kecuali dari-Nya. Berkat pertolongan-Nya lah penyusun dan menyelesaikan karya tulis ini. Sholawat semoga senantiasa kita dengungkan secara kontinu kepada sang revolusioner dunia Nabi Agung Muhammad SAW. Allah melalui utusannya, *Sayyidina* Muhammad SAW sehingga dapat menegasikan zaman dari zaman jahiliah menjadi zaman yang amat terang, zaman agama Islam.

Penyusun penelitian dengan judul “ESTIMASI PARAMETER REGRESI *ZERO-INFLATED NEGATIVE BINOMIAL* (ZINB) MENGGUNAKAN METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD” disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan mahasiswa Strata Satu Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penyusun menyadari bahwa penyusunan penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, arahan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Berdasarkan hal tersebut, penyusun dengan segala hormat dan kerendahan hati menghaturkan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. KH. Yudian Wahyudi, M.A., Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta beserta stafnya.
2. Dr. Murtono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
3. Dr. Wahid Mustofa, M.Si., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Farhan Qudratullah, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk senantiasa memberi arahan, kritik dan saran kepada penyusun dengan penuh kesabaran.
5. Seluruh dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan pengetahuan, ilmu, wawasan selama menempuh pendidikan
6. Seluruh pegawai dan staf TU Jurusan dan Fakultas di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
7. Seluruh guru-guru, kyai-kyai penulis yang telah memberi ilmu untuk bekal di dunia hingga akhirat kelak, terkhusus KH. Djamaluddin Achmad, KH Idris Djamaluddin, dan KH Munawwar Ahmad.
8. Ibu Siti Syarofah dan Bapak Athaur Rahman yang telah dan masih memberikah kasih sayangnya, dukungan, doa dan pengorbanan tanpa henti yang penulis tidak akan bisa membalas seluruh kebaikannya, serta sang Adik yang teramat tersayang Ali Ridlo dan Nilna Zahrotul Badiah.
9. Seluruh teman-teman mahasiswa Matematika, khususnya angkatan 2015

10. Seluruh sahabat-sahabat Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia, terkhusus Korp Oksigen yang telah sudi menjadi keluarga di Yogyakarta.
11. Seluruh keluarga sederhana Pagar Nusa UIN Sunan Kalijaga yang telah menjari penulis makna keberanian dan kegigihan.

Dengan segala kerendahan hati, penulis yang menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak guna kesempurnaan dan kebaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan dapat menambah khazanah keilmuan, *amin ya robbal alamin*.

Yogyakarta, 16 Desember 2019

Moh. Irfan Agus Saputro
NIM: 15610008

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
INTISARI.....	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Tinjauan Pustaka.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB II LANDASAN TEORI	10
2.1 Sejarah Singkat Statistika	10
2.2 Populasi dan Sampel.....	13
2.3 Data.....	13

2.4	Teori Peluang (Probabilitas)	19
2.5	Variabel Random	24
2.6	Distribusi Peluang	26
2.7	Ekspektasi, Variansi dan Kovariansi	29
2.8	Koefisien Korelasi	33
2.9	Distribusi Normal	34
2.10	Turunan	36
2.11	Distribusi Poisson	38
2.12	Distribusi Binomial	41
2.13	Distribusi Binomial Negatif	42
2.14	Keluarga Eksponensial	43
2.15	Uji Hipotesis	46
2.16	Estimasi	47
2.17	Metode Maksimum Likelihood	49
2.18	Generalized Linier Model (GLM)	53
2.19	Regresi Linear Sederhana	55
2.20	Regresi Poisson	60
2.21	Permasalahan pada Regresi Poisson	61
2.22	Multikolinearitas	63
2.23	Metode Newton Raphson	65
BAB III METODE PENELITIAN		69
3.1	Metode Penelitian	69
3.2	Metode Pengumpulan Data	69
3.3	Variabel Penelitian	70
3.4	Alat Pengolahan Data	71
3.5	Langkah-langkah penelitian dan <i>Flowchart</i>	71
BAB IV PEMBAHASAN		74
4.1	Model Regresi <i>Zero-Inflated Negative Binomial</i> (ZINB)	74
4.2	Estimasi Parameter Regresi <i>Zero-Inflated Negative Binomial</i> (ZINB)	78
4.3	Pengujian Parameter Regresi <i>Zero-Inflated Negative Binomial</i> (ZINB)	83

4.4 Uji Kelayakan Model.....	87
BAB V STUDI KASUS	88
5.1 Karakteristik Data Kematian Bayi di Kabupaten Wonogiri tahun 2015 ...	88
5.2 Analisis Deskriptif Variabel Penelitian	90
5.3 Uji Asumsi	94
5.4 Pemodelan Regresi Zero-Inflated Negative Binomial Tahap Awal	97
5.5 Pemodelan Regresi Zero-Inflated Negative Binomial Tahap Lanjut	104
5.6 Pemilihan Model Terbaik dan Pembahasan	110
BAB VI PENUTUP	112
6.1 Kesimpulan.....	112
6.2 Saran	115
DAFTAR PUSTAKA	116
LAMPIRAN.....	121



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka	7
Tabel 2.1 Struktur Tingkat Skala Pengukuran	19
Tabel 2.2 Iterasi Metode Newton Raphson	68
Tabel 3.1 Variabel Dependen dan Variabel Independen.....	70
Tabel 5.1 Analisis Deskriptif Data Penelitian	91
Tabel 5.2 Hasil dari uji overdispersi menggunakan <i>software</i> R-Studio	95
Tabel 5.3 Hasil pemeriksaan Zero Inflation pada Variabel Respon.....	95
Tabel 5.4 Nilai VIF Variabel Prediktor	97
Tabel 5.5 Hasil Estimasi Parameter ZINB	98
Tabel 5.6 Pengujian Parameter Regresi ZINB secara Simultan.....	100
Tabel 5.7 Hasil uji signifikasi estimasi parameter ZINB	102
Tabel 5.8 Pengujian Parameter Regresi ZINB secara Simultan Tanpa X_1	104
Tabel 5.9 Uji Signifikasi Parameter ZINB Tanpa Variabel X_1	105
Tabel 5.10 Pengujian Parameter Regresi ZINB Tanpa X_1 dan X_3	106
Tabel 5.11 Uji Signifikasi Parameter ZINB Tanpa Variabel X_1 dan X_3	107
Tabel 5.12 Pengujian Parameter Regresi ZINB Tanpa X_1, X_2 dan X_3	108
Tabel 5.13 Uji Signifikasi Parameter ZINB Tanpa Variabel X_1, X_2 dan X_3	108
Tabel 5.14 Ringkasan Uji Tahap Lanjut.....	109

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 5.1 Grafik Tren Angka Kematian Bayi.....	89
Gambar 5.2 Grafik Angka Kematian Bayi tahun 2015	91
Gambar 5.3 Grafik BBLR	92
Gambar 5.4 Grafik PSLN	92
Gambar 5.5 Grafik PHBS	93
Gambar 5.6 Grafik RIST	94
Gambar 5.7 Grafik Frekuensi Angka Kematian Bayi	96

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Angka Kematian Bayi	115
Lampiran 2 Data Persentase Berat Badan Bayi Lahir Rendah.....	116
Lampiran 3 Data Persentase Persalinan Ditolong Nakes Profesional	117
Lampiran 4 Data Persentase Rumah Tangga Berperilaku Sehat dan Bersih ...	118
Lampiran 5 Data Persentase Ibu Hamil Risti (Risiko Tinggi)	119
Lampiran 6 Analisis Deskriptif	120
Lampiran 7 Uji Overdispersi	120
Lampiran 8 Uji Frekuensi Variabel Dependen.....	120
Lampiran 9 Uji Multikolinieritas	121
Lampiran 10 Input Data ke R-studio.....	121
Lampiran 11 Uji Parameter Regresi ZINB secara Simultan	121
Lampiran 12 Uji Parameter Regresi ZINB secara Parsial.....	122
Lampiran 13 Uji Kesesuaian Model.....	122
Lampiran 14 Uji Signifikasi Parameter ZINB tanpa X_1	123
Lampiran 15 Uji Signifikasi Parameter ZINB tanpa X_1 dan X_3	124
Lampiran 16 Uji Signifikasi Parameter ZINB tanpa X_1 , X_2 dan X_3	125

DAFTAR SIMBOL

S	: Ruang Sampel
A	: Harapan Kejadian Yang Mungkin
$P(A)$: Probabilitas Kejadian A
Y	: Variabel Dependensi
X_i	: Pengamatan Terhadap Variabel Independen
db	: Derajat Bebas
α	: Taraf Signifikansi
β	: Beta
SE	: Standard Error
Σ	: Menyatakan Penjumlahan Berindeks
Π	: Menyatakan Perkalian Berindeks
σ^2	: Variansi
μ	: Mean (rata-rata)
G	: Kriteria Uji untuk Seluruh Model
W	: Kriteria Uji untuk Setiap Model
$f(y; \theta)$: Fungsi Kepadatan Peluang
β_0	: Intersep (titik potong)
β_1	: Kemiringan
$L(\theta)$: Fungsi Likelihood

**Estimasi Parameter Regresi *Zero-Inflated Negative Binomial*
Menggunakan Metode Maksimum Likelihood**

Oleh: Moh. Irfan Agus Saputro

INTISARI

Hubungan antara variabel respon (Y) dengan satu atau beberapa variabel prediktor (X) dapat diketahui dengan menggunakan analisis regresi. Pada model regresi linear sederhana terdapat asumsi variabel respon mengikuti sebaran normal, namun pada kenyataan sering ditemukan kondisi variabel respon tidak mengikuti sebaran normal. Jika suatu variabel respon yang berdistribusi poisson maka dapat dianalisis dengan model regresi poisson. Terdapat asumsi yang harus terpenuhi di dalam regresi poisson yaitu *equidispersi* (nilai ragam harus sama dengan nilai rata-rata), sehingga model ini tidak cocok digunakan untuk digunakan pada data yang mengalami *overdispersi* (nilai ragam lebih besar daripada nilai rata-rata). Regresi poisson adalah model umum yang digunakan untuk menganalisis data diskrit dimana pada data diskrit sering dijumpai amatan yang bernilai nol dengan proporsi yang berlebih pada variabel respon (*zero inflation*). Alternatif model untuk mengatasi *overdispersi* dan *zero inflation* adalah model *zero inflated negative binomial* (ZINB). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi parameter regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) menggunakan metode maksimum likelihood. Model *zero inflated negative binomial* (ZINB) diterapkan pada kasus kematian bayi di Kabupaten Wonogiri tahun 2015. Hasil penelitian didapatkan variabel independen yang berpengaruh terhadap angka kematian bayi adalah persentase ibu hamil risti (X_4) dengan nilai AIC sebesar 113,1961.

Kata Kunci: *Overdispersi, Regresi Poisson, Zero Inflated Negative Binomial (ZINB), Zero Inflation.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Estimation of Zero-Inflated Negative Binomial Regression Parameters Using the Maximum Likelihood Method

By: Moh. Irfan Agus Saputro

ABSTRACT

The relationship between the response variable (Y) with one or several predictor variables (X) can be determined by using regression analysis. In a simple linear regression model there is an assumption that the response variable follows the normal distribution, but in reality it is often found that the response variable does not follow the normal distribution. If a response variable has a Poisson distribution then it can be analyzed with a Poisson regression model. There is an assumption that must be fulfilled in poisson regression that is equidispersion (the variance value must be equal to the average value), so this model is not suitable for use in data that is overdispersed (the variance value is greater than the average value). Poisson regression is a general model used to analyze discrete data where discrete data is often found to be of zero value with an excessive proportion of response variables (zero inflation). An alternative model for dealing with overdispersion and zero inflation is the zero inflated negative binomial (ZINB) model. This research aims to estimate the Zero-Inflated Negative Binomial (ZINB) regression parameters using the maximum likelihood method. The zero inflated negative binomial model (ZINB) was applied to the case of infant mortality in Wonogiri Regency in 2015. The results showed an independent variable that affected the infant mortality rate was the percentage of pregnant women (X_4) with an AIC value of 113.1961.

Keywords: *Overdispersion, Poisson Regression, Zero Inflated Negative Binomial (ZINB), Zero Inflation.*

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Statistika pertama kali dikemukakan oleh Aristoteles dalam bukunya berjudul "*Politeia*", dalam buku tersebut ia menjelaskan data tentang keadaan 158 negara yang disebut sebagai statistika. Statistik berasal dari bahasa latin "*status*" atau "*Statista*" yang berarti negara. Statistik dalam arti yang paling sederhana adalah data. Lebih luas lagi, statistik berarti kumpulan data dalam bentuk angka maupun bukan angka yang disusun dalam bentuk tabel atau grafik (diagram) untuk menggambarkan suatu keadaan tertentu. Seiring dengan perkembangan waktu dan semakin banyaknya penggunaan statistik dalam setiap bidang, maka statistik menjadi suatu disiplin ilmu tersendiri yang disebut statistika (Quadratullah, dkk., 2012).

Nilai yang berubah pada model matematika tidak selalu terjadi dengan sendirinya, adakalanya berubah karena pengaruh dari variabel lain yang membuatnya berubah. Pola perubahan antara variabel tersebut dapat terjadi dengan menghitung perkiraan antar variabel yang mempengaruhinya. Metode yang dapat digunakan untuk membuat model perkiraan yang dapat dipercaya untuk nilai variabel disebut dengan model regresi.

Sir Francis Galton (1822-1911) adalah seorang tokoh yang memperkenalkan istilah regresi sebagai metode analisis data statistik pada tahun 1877 dimana beliau meneliti hubungan antara badan orang tua (ayah) dengan anaknya. Kemudian Karl Pearson menyempurnakan metode tersebut dengan

mengambil sampel lebih dari 1000 pengamatan. Pada tahun-tahun selanjutnya, analisis regresi semakin berkembang dan memiliki peranan penting dalam semua bidang. Pada dasarnya, model dalam statistik merupakan bentuk sederhana dari permasalahan riil yang ada (Suryo, 2011). Maka dari itu agar model mudah dianalisis dibutuhkan asumsi-asumsi untuk merumuskan permasalahan menjadi sebuah model.

Analisis regresi adalah suatu metode statistika yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel respon (*dependen*) dan variabel bebas (*independen*). Pada umumnya analisis regresi digunakan untuk menganalisis data variabel respon (*dependen*) yang berupa data kontinu. Namun dalam beberapa penggunaannya data variabel respon (*dependen*) yang akan dianalisis dapat berupa data diskrit. Model yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel respon yang berupa data diskrit dan variabel bebas berupa data kontinu, diskrit atau campuran adalah metode Regresi Poisson. (Sundari, 2012)

Regresi Poisson memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam analisisnya, salah satunya adalah keadaan *equidispersi* yaitu nilai *mean* dan varian dari variabel respon sama atau dapat dikatakan nilai variansi dari variabel respon yang diberikan oleh $X = x$ harus sama dengan nilai mean. $Var(Y|x) = E(Y|x) = x$. Terkadang dalam analisis model regresi Poisson terjadi pelanggaran syarat tersebut, yaitu pada data diskrit sering terjadi *Overdispersi* atau *Underdispersi*. (Sekarmini, dkk., 2013)

Ketika pada data yang bertipe diskrit nilai varian lebih besar dari nilai mean disebut *overdispersi*. Sedangkan jika nilai mean lebih besar dari varian disebut *underdispersi*. Penanganan model yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah *overdispersi* pada data respon bertipe diskrit antara lain adalah model regresi *Binomial Negatif*, model regresi *Quasi-Likelihood* dan model regresi *Generalized Poisson* (Ariawan, dkk., 2012).

Salah satu penyebab terjadinya *overdispersi* yaitu banyaknya nilai nol yang berlebih pada variabel respon (*excess zeros*), meskipun demikian pada dasarnya hal tersebut dapat diestimasi menggunakan regresi poisson. Sehingga penanganan model yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah *overdispersi* akibat *excess zeros* pada data respon bertipe diskrit antara lain adalah model regresi *Zero-Inflated Poisson* (ZIP), model regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB), model regresi *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP) dan model regresi *Hurdle* (Ariawan, dkk., 2012).

Metode yang paling sering digunakan dalam mengestimasi parameter adalah metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Metode MLE adalah metode terbaik dalam memperoleh estimasi tunggal. Peran metode ini memiliki estimasi yang baik dalam mengestimasi sampai diperoleh hasil akhir yang konvergen. (Kurniawan, 2017).

Menurut Sharma & Landge (2013) menyatakan kejadian kecelakaan lalu lintas dapat menggunakan *Zero-Inflated Negative Binomial*. Uji performa model yang digunakan adalah *Akaike Information Criterion* (AIC). AIC dapat digunakan

untuk pemilihan model antara *Zero-Inflated Poisson* dan *Zero-Inflated Negative Binomial* berdasarkan nilai AIC yang terkecil. AIC bertujuan untuk mempermudah menentukan model terbaik.

Pada suatu pemodelan *countdata* (data hitung) banyak terdapat banyak nol pada variabel respon (*zero inflatoin*) maka hal tersebut data diatasi dengan *Zero-Inflated Poisson* (ZIP). Namun jika terdapat *zero inflation* dan terjadi *overdispersi* maka *Zero-Inflated Poisson* (ZIP) sudah tidak tepat lagi digunakan. Model yang tepat untuk data seperti itu adalah menggunakan *Zero-Inflated Generalized Poisson* (Famoye & Singh, 2006). Kondisi *overdispersi* dapat diartikan sebagai kondisi dalam sebaran *Poisson* dimana ragam (*varian*) lebih besar dari rata-rata (*mean*). Pada perkembangannya terdapat metode alternatif lain untuk memodelkan kasus dengan amatan yang bernilai nol dan terjadi *overdispersion* yaitu metode *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB). Model regresi Zero Inflated Negative Binomial (ZINB) merupakan model terbaik dibandingkan dengan model yang lainnya. Hal ini dilihat dari nilai AIC dari regresi Zero Inflated Negative Binomial (ZINB) lebih kecil di banding nilai AIC pada regresi yang lainnya.

Pada penulisan ini, permasalahan yang dibahas adalah penggunaan metode *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) untuk mengatasi *overdispersi* pada regresi poisson, estimasi parameter, analisis kesesuaian model dan signifikansi koefisien ZINB. Penerapannya dalam kasus kematian bayi di Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana langkah-langkah estimasi parameter regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) dengan menggunakan metode estimasi Maksimum Likelihood?
- b. Bagaimana penerapan regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) dalam kasus kematian bayi di Kabupaten Wonogiri 2015?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui langkah-langkah regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) menggunakan estimasi Maksimum Likelihood
- b. Menerapkan regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) terhadap kasus kematian bayi di Kabupaten Wonogiri 2015

1.4 Batasan Masalah

- a. Pada penelitian ini, pembahasan teori dan analisis data dibatasi mengenai model regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* menggunakan estimasi Maksimum Likelihood.
- b. Penerapan pada penelitian ini difokuskan pada regresi *Zero -Inflated Negative Binomial* dalam kasus kematian bayi di Kabupaten Wonogiri 2015.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Memberikan pengetahuan tentang langkah-langkah estimasi regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) menggunakan metode Maksimum Likelihood
- b. Dapat mengetahui penerapan *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB)

1.6 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada penelitian ini dideskripsikan dan ditelaah melalui buku, makalah, skripsi, jurnal matematika, maupun sumber lainnya yang terdapat hubungan dengan objek pembahasan. Adapun penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang penulis telaah adalah penelitian Hamid Wan Nendra (2018) membahas tentang “Perbandingan Estimasi Parameter pada Distribusi Binomial dengan menggunakan Metode Maksimum Likelihood dan Metode Bayes”. Kemudian diterapkan dalam studi kasus mengenai proporsi mahasiswa Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi yang berasal dari Madrasah Aliyah (MA) atau Pondok Pesantren pada jenjang studi sebelumnya.

Penelitian Umniyah Rihadatul Aisy (2019) membahas tentang “Perbandingan Estimasi Parameter Regresi Terpotong Atas dengan metode maksimum likelihood dan metode bayes” yang kemudian diterapkan pada indeks pembangunan manusia Provinsi Jawa Timur tahun 2016.

Penelitian oleh Bayu Ariawan, dkk., yang berjudul “Pemodelan Regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) untuk Data Respon Diskrit dengan *Excess Zeros*” adalah sebuah jurnal dari Jurnal GAUSSIAN yang meneliti tentang *Zero-*

Inflated Negative Binomial yang diterapkan pada data Asuransi mobil yang pada PT. Asuransi Sinar Mas Cabang Semarang Tahun 2010.

Penelitian yang berjudul “Estimasi Parameter Regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) Menggunakan Metode Maksimum Likelihood” yang dilakukan oleh penulis terinspirasi oleh tinjauan pustaka di atas. Adapun detail perbedaan dari keempat penelitian di atas dapat dilihat dalam tabel 1.1 sebagai berikut:

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

No.	Nama Peneliti	Model Regresi	Metode Estimasi	Studi Kasus
1.	Hamid Wan Nendra (2018)	Distribusi Binomial	Maksimum Likelihood dan Metode Bayes	Proporsi mahasiswa yang berasal dari Madrasah Aliyah (MA) atau Pondok Pesantren pada jenjang studi sebelumnya.
2.	Umniyah Rihadatul Aisy (2019)	Regresi Terpotong Atas	Maksimum likelihood dan metode bayes	Indeks pembangunan manusia Provinsi Jawa Timur tahun 2016
3.	Bayu Ariawan, Suparti, Sudarno.	Zero-Inflated Negative Binomial	Metode Maksimum Likelihood	Asuransi mobil yang pada PT. Asuransi Sinar Mas Cabang Semarang Tahun 2010.
3.	Moh. Irfan Agus Saputro	Zero-Inflated Negative Binomial	Metode Maksimum Likelihood	Kematian Bayi di Kabupaten Wonogiri tahun 2015

Keempat penelitian diatas memiliki persamaan dimana sama-sama menggunakan analisis regresi. Penelitian pertama meneliti tentang distribusi binomial yang di estimasi menggunakan metode maksimum likelihood dan metode Bayes. Seperti halnya penelitian kedua juga menggunakan maksimum likelihood dan metode Bayes sebagai estimatornya Regresi Terpotong Atas. Penelitian yang berjudul *“Estimasi Parameter Regresi Zero-Inflated Negative Binomial (ZINB) Menggunakan Metode Maksimum Likelihood”* merupakan perluasan dari penelitian pertama tentang binomial. Berdasarkan keempat penelitian di atas menggunakan estimator yang sama yakni metode maksimum likelihood. Perbedaan yang lainnya dari tinjauan pustaka di atas adalah pada studi kasus yang digunakan.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah memahami penulisan penelitian ini secara keseluruhan, penulis menggambarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat, tinjauan pustaka, sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini menyajikan teori mengenai Distribusi Poisson, Distribusi Binomial, Distribusi Binomial Negatif, Metode Maksimum Likelihood, Distribusi Keluarga Eksponensial, Generalized Linear Model (GLM), dan Regresi Poisson.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang jenis penelitian, metode pengumpulan data, populasi dan sampel, variabel penelitian, pengolahan data.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang model *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) yang diestimasi dengan metode maksimum Likelihood.

BAB V STUDI KASUS

Bab ini membahas tentang deskripsi data Kematian Bayi di Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah tahun 2015.

BAB VI KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dari pembahasan pada bab sebelumnya dan saran atas kekurangan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada kasus kematian bayi di Kabupaten Wonogiri tahun 2015 menggunakan regresi *zero-inflated negatif binomial* diperoleh kesimpulan bahwa variabel dependen pada penelitian ini adalah jumlah kematian bayi (Y) dan terdapat 4 variabel independen yaitu persentase berat badan bayi lahir rendah (X_1), persentase persalinan di suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu yang ditolong oleh tenaga kesehatan profesional (X_2), persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (X_3) dan persentase ibu hamil risti (X_4).

a. Estimasi Parameter Regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB)

Langkah awal dalam melakukan estimasi regresi *zero inflation negative binomial* (ZINB) adalah dengan membentuk fungsi likelihood. Fungsi yang didapatkan yaitu:

$$L(\theta|y_i) = \begin{cases} \prod \frac{e^{x_i^T \gamma} + \left(\frac{1}{1 + ke^{x_i^T \beta}}\right)^{\frac{1}{k}}}{1 + e^{x_i^T \gamma}}, & \text{untuk } y_i = 0 \\ \prod \frac{\Gamma(y_i + 1/k) \left(\frac{1}{1 + ke^{x_i^T \beta}}\right)^{\frac{1}{k}} \left(\frac{ke^{x_i^T \beta}}{1 + ke^{x_i^T \beta}}\right)^{\frac{1}{k}}}{1 + e^{x_i^T \gamma} \Gamma\left(\frac{1}{k}\right) \Gamma(y_i + 1)}, & \text{untuk } y_i = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

Selanjutnya adalah mencari fungsi log-likelihoodnya. Didapatkan fungsi log-likelihoodnya yaitu sebagai berikut:

$$\ln L(\theta|y_i) = \begin{cases} \sum_{i=1}^n \ln \left\{ e^{x_i^t \gamma} + \left(\frac{1}{1 + ke^{x_i^t \beta}} \right)^{\frac{1}{k}} \right\} - \sum_{i=1}^n \ln [1 + e^{x_i^t \gamma}], & \text{untuk } y_i = 0 \\ - \sum_{i=1}^n \ln [1 + e^{x_i^t \gamma}] + \sum_{i=1}^n \ln \left[\Gamma \left(\frac{1}{k} + y_i \right) \right] - \sum_{i=1}^n \ln [\Gamma(y_i + 1)] - \sum_{i=1}^n \ln \left[\Gamma \left(\frac{1}{k} \right) \right] \\ + y_i \sum_{i=1}^n \ln \left\{ \left(\frac{e^{x_i^t \gamma}}{1 + ke^{x_i^t \beta}} \right)^{y_i} \right\} - \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{1}{1 + ke^{x_i^t \beta}} \right)^{\frac{1}{k}} \right), & \text{untuk } y_i = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

Estimasi dengan maksimum likelihood ratio dihitung dengan memaksimalkan log-likelihoodnya. Karena fungsi log-likelihoodnya tidak linier fungsi likelihood ini tidak dapat diselesaikan dengan metode numerik biasa. Jadi digunakanlah algoritma EM (*expectation Maximization*).

Pada algoritma EM dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap ekspektasi (E-step) dan tahap maksimalisasi (M-step) atau disebut juga dengan metode Newton Raphson. Hasil dari tahap ekspektasi (E-step) adalah:

- Hasil E-step untuk parameter β

$$\ln L(\gamma^{(m)} | y_i, w_i^{(m)}) = \sum_{i=1}^n (1 - w_i^{(m)}) \left\{ \frac{\Gamma(\frac{1}{k} + y_i)}{\Gamma(y_i + 1) \Gamma(\frac{1}{k})} \left(\frac{e^{x_i^t \gamma}}{1 + e^{x_i^t \gamma}} \right)^{y_i} \left(\frac{1}{1 + ke^{x_i^t \beta}} \right)^{\frac{1}{k}} \right\}$$

- Hasil E-step untuk parameter γ

$$\ln L(\gamma^{(m)} | y_i, w_i^{(m)}) = \sum_{i=1}^n [w_i^{(m)} x_i^t \gamma - \ln(1 + e^{x_i^t \gamma})]$$

Hasil dari tahap maksimalisasi (M-step) atau disebut juga dengan metode Newton Raphson diperoleh rumus estimasi parameter sebagai berikut:

- Hasil M-step untuk parameter β

$$\beta^{(m+1)} = \beta^{(m)} - (H^{(m)})^{-1}U^{(m)}$$

- Hasil M-step untuk parameter γ

$$\gamma^{(m+1)} = \gamma^{(m)} - (H^{(m)})^{-1}U^{(m)}$$

b. Penerapan Parameter Regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB)

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh model regresi *zero-inflated negative binomial* (ZINB) yang memiliki nilai AIC terkecil sebesar 113,1961 pada kasus kematian bayi di Kabupaten Wonogiri tahun 2015 sebagai berikut:

- Model data diskrit untuk $\hat{\mu}_i$

$$\hat{\mu}_i = \exp(1,6 + 0,0018X_4)$$

- Model *zero inflation* untuk \hat{p}_i

$$\hat{p}_i = \exp\left(\frac{4,82 - 0,073X_4}{1 + 4,82 + 0,073X_4}\right)$$

Interpretasi model regresi *Zero Inflation Negative Binomial* (ZINB) sebagai berikut:

1. Model data diskrit untuk $\hat{\mu}_i$

- Konstanta sebesar 1,6 artinya jika RIST (X_4) bernilai nol maka banyaknya kematian bayi bernilai $\exp(1,6) = 4,95$. Hal ini karena kematian bayi dipengaruhi oleh faktor variabel bebas selain pada model.

- Setiap penambahan 1% ibu hamil risti (X_4) maka akan meningkatkan rata-rata jumlah kematian bayi sebesar $\exp(0,0026) = 1,0026$ kali dari rata-rata jumlah kasus kematian bayi semula, jika variabel lain tidak dilibatkan dalam model.

2. Model *zero inflation* untuk \hat{p}_i

- Konstanta sebesar 4,82 artinya jika RIST (X_4) bernilai nol maka banyaknya kematian bayi bernilai $\exp(4,82) = 123,96$. Hal ini karena kematian bayi dipengaruhi oleh faktor variabel bebas selain pada model.
- Setiap penambahan 1% ibu hamil risti (X_4) maka akan menurunkan rata-rata jumlah kematian bayi sebesar $\exp(0,083) = 1,086$ kali dari rata-rata jumlah kasus kematian bayi semula, jika variabel lain tidak dilibatkan dalam model.

6.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan kepada pembaca:

1. Diharapkan Kabupaten Wonogiri dapat meningkatkan pelayanan kepada ibu hamil serta memperhatikan keadaan bayi yang terlahir sehingga angka kematian bayi dapat selalu ditekan dan semakin menurun.
2. Penelitian selanjutnya untuk menyelesaikan kasus *overdispersi* dikarenakan *zero-inflation* pada regresi poisson dapat menggunakan model *zero-inflation negative binomial* (ZINB)

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. 2002. *Categorical Data Analysis (2thed.)*. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Aisy, Umniyyah Rihadatul. 2019. *Perbandingan Estimasi Parameter Regresi Terpotong Atas dengan Metode Maksimum Likelihood dan Metode Bayes*. (Skripsi), Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Akaike, H. 1978. *A Bayesian Analysis of The Minimum AIC Prosedure*. *Annals of The Institute Statistical Mathematics, Part A Page 9-14*.
- Ariawan Bayu, Suparti dan Sudarno. 2012. *Pemodelan Regresi Zero-Inflated Negative Binomial (ZINB) untuk Data Respon Diskrit dengan Excess Zeros*. *Jurnal Gaussian*, Volume 1, Nomor 1, Tahun 2012, Halaman 55-64.
- Asuti, Cindi Wahyuning, Ismaini Zain. 2015. *Pemodelan Regresi zero inflated negative binomial (ZINB) pada kasus tetanus neonatorumdi provinsi jawa timur*. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UMS*.
- Bain, L. J dan Engelhardt, M. 1992. *Introduction to Probability and Mathematical Statistic*. California: Duxbury Press.
- Cahyandari, R. 2014. *Pengujian Overdispersi Pada Model Regresi Poisson*. *Statistika*, 14(2) : 69-76.
- Cameron, A.C, & P.K. Trivedi. 1998. *Regression Analysis of Count Data*. New York: Cambridge University Press.

- Danapriatna, Nana dan Setiawan, Rony. 2005. *Pengantar Statistika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Daniel, W. W. 1989. *Statistik Non Parametrik Terapan*. Jakarta: PT Gramedia.
- Dudewich, Edward J dan Mishra, Satya N. 2005. *Pengantar Statistika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Famoye, Felix dan Karan P. Singh. 2006. *Zero-Inflated Generalized Poisson Regression Model with an Application to Domestic Violence Data*. *Journal of Data Science* 4(2006), 117-130.
- Garay, A.M., E.M. Hashimoto, E.M.M. Ortega, & V.C. Lachos. 2011. *On Estimation and Influence Diagnostics for Zero -Inflated Negative Binomial Regression Models*. *Computational Statistics and Data Analysis*, 55: 1304-1318.
- Gujarati, N Damodar. 2007. *Dasar-dasar Ekonometrika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Gujarati, D. 2004. *Ekonometrika Dasar*. Sumarno Zain Penerjemah. Jakarta: Erlangga. Terjemah dari: *Basic Econometrics*.
- Hall, D.B. 2000. *Zero-Inflated Poisson and Binomial Regression with random Effects: A Case Study*. *Biometrics*. Vol. 56. pp. 1030-1039.
- Harinaldi. 2005. *Prinsip-prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Erlangga.
- Hasan, M Iqbal. 2001. *Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Erlangga

- Hilbe, J.M. 2011. *Negative Binomial Regression (2th ed.)*. New York: Cambridge University Press.
- Hosmer, D. W., & Lameshow, S. 2000. *Applied Logistic Regression*. New York: Jhon Wiley and Sons.
- KLEINBAUM, David G.; KLEIN, Mitchel. Modeling strategy guidelines. In: *Logistic Regression*. Springer, New York, NY, 2010. p. 165-202.
- Kurniawan, Ilham. 2017. *Model Regresi Poisson Terbaik Menggunakan Zero-Inflated Poisson (ZIP) dan Zero-Inflated Negative Binomial (ZINB)*. (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Mukhaiyar, Utriweni. 2012. *Distribusi Diskrit*. Bandung: ITB Press.
- Murray, R Spinggel. 2004. *Statistika Schaum's Easy Outlines*. Jakarta: Erlangga.
- Myers, G.H., D.C. Montgomery, G.G. Vining, & T.J. Robinson. 2010. *Generalized Linier Models with Application in Engineering and The Science (2th ed.)*. New Jersey: Jhon Wiley and Sons.
- Nendra, Hamid Wan. 2018. *Perbandingan Estimasi Parameter pada Distribusi Binomial dengan Menggunakan Metode Maksimum Likelihood dan Metode Bayes*. (Skripsi), Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Purcell, Edwin dan Varberg. 2004. *Kalkulus dan Geometri Analitis*. Jakarta: Erlangga

- Qudratullah, Farhan. 2013. *Analisis Regresi Terapan: Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Qudratullah, dkk. 2012. *Statistika*. Yogyakarta: SUKA Press
- Sahid. 2003. *Analisis dan Implementasi Metode Newton-Raphson*. Prosiding Seminar Nasional hasil Penelitian MIPA dan Pendidikan MIPA UNY.
- Sarwoko. 2005. *Dasar-dasar ekonometrika*. Yogyakarta: ANDI.
- Sekarmini, Ni Made, I Komang Gde Sukarsa, I Gusti Ayu Made Srinadi. 2013. *Penerapan Regresi Zero-Inflated Negative Binomial (ZINB) untuk Penduga Kematian Anak Balita*. E-Jurnal Matematika Vol. 2, No.4. Nopember 2013, 11-16.
- Sharma, A.K, Landge, V.S. 2013. *Zero Inflated Negative Binomial for Modeling Heavy Vehicle Crash on Indian Rural Highway*. International Journal of Advances in Engineering & Technology (IJAET). ISSN: 2231-1963.
- Subagyo, Pangestu dan Djarwanto. 2013. *Statistika Induktif*. Yogyakarta: BPFE
- Sumodiningrat, G. 1998. *Ekonometrika Pengantar*. Yogyakarta: BPFE.
- Sundari, I. 2012. *Regresi Poisson dan Penerapannya untuk Memodelkan Hubungan Usia dan Perilaku Mderokok Terhadap Jumlah Kematian Penderita Kanker Paru-paru*. Jurnal Matematika Unad. Vol. 1, No. 1, Oktober, 75-80.
- Supriyadi, Eko. 2016. *Perbandingan Metode Partial Least Square (PLS) dan Principal Component Regression (PCR) untuk Mengatasi Multikolinearitas pada Model Regresi Multikolinearitas pada Model Regresi Linear Berganda*.

Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Suryo, Eko Wati, 2011. *Regresi Robus dengan Estimasi Least Trimmed Square pada Perusahaan UD GAMA*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.

Taram, Ahamad. 2015. *Statistika Elementer*. Yogyakarta: UAD Press.

Taufan, M. 2011. *Pemodelan Regresi Zero-Inflation Poisson Tentang Faktor-faktor yang Mempengaruhi Banyaknya Klaim Asuransi Kendaraan Bermotor*. Semarang: Undip Press.

Waluyo, Sihono Dwi. 2001. *Statistika untuk Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Ghalia Indonesia.

Wapole, R. E dan Myers, R. H. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan Edisi ke-4*. Alih bahasa oleh Sembiring, R. K. Bandung: ITB

Winkelmann, R. 2008. *Econometric Analysis of Count data (5th ed.)*. Berlin: Springer.

Zamani, H. & N. Ismail, 2013. *Score Test for Testing Zero-inflated Poisson Regression against Zero-Inflated Generalized Poisson Alternatives*. *Journal of Applied Statistics*, 40(9) : 2056-2068.