

**MODEL REGRESI LINEAR BERGANDA DENGAN
METODE *GENERALIZED ESTIMATING EQUATION*
(GEE)**

Skripsi

untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Matematika



Diajukan oleh:
Syavira Zal Shabylla
15610025

Kepada:

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2019**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Nama : Syavira Zal Shabylla

NIM : 15610025

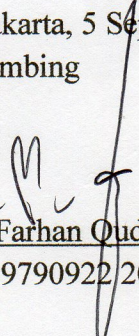
Judul Skripsi : Metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) Pada Model Regresi Linear Berganda

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.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 September 2019
Pembimbing


Moh. Farhan Oudratullah, M. Si.
NIP. 19790922 200801 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-4019/Un.02/DST/PP.00.9/09/2019

Tugas Akhir dengan judul : MODEL REGRESI LINEAR BERGANDA DENGAN METODE GENERALIZED ESTIMATING EQUATION (GEE)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SYAVIRA ZAL SHABYLLA
Nomor Induk Mahasiswa : 15610025
Telah diujikan pada : Kamis, 12 September 2019
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

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

Penguji II

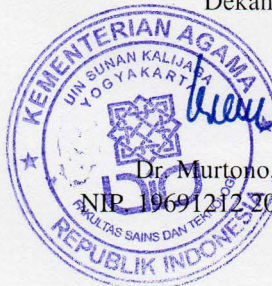
Malahayati, S.Si., M.Sc.
NIP. 198404122011012010

Yogyakarta, 12 September 2019

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Dr. Murtono, M.Si.
NIP. 196912122000031001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Syavira Zal Shabylla

NIM : 15610025

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar. Sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 30 Agustus 2019



SYAVIRA ZAL SHABYLLA

NIM: 15610025

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syavira Zal Shabylla
Tempat/Tanggal Lahir : Muara Enim, 31 Januari 1998
NIM : 15610025
Jurusan/Program Studi : Matematika
Alamat : Jalan Imam Bonjol Gang Dieng No. 19 Perumahan
Guru Sungailiat-Bangka

Dengan ini menyatakan bahwa pasphoto yang disertakan pada ijazah saya memakai **Kerudung/Jilbab** adalah atas kemauan saya sendiri dan segala konsekuensi/risiko yang dapat timbul di kemudian hari adalah tanggung jawab saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, untuk melengkapi salah satu prasyarat dalam mengikuti Ujian Tugas Akhir pada Fakultas Sains dan Teknologi Sunan Kalijaga Yogyakarta, dan agar yang berkepentingan maklum.

Yogyakarta, 30 Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



(Syavira Zal Shabylla)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini aku persembahkan untuk Ayah dan Ibu tercinta, Irzoni dan Tetty Karsih yang selalu men-*support* dan tak hentinya berdoa untuk anaknya ini serta senantiasa mengingatkan dan selalu menyemangati.

Untuk Adikku, Thalia Zal Shabylla, terima kasih telah mendukung dan selalu menyemangati *mba*-nya ini.

Keluarga Besar Matematika angkatan 2015 Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, terima kasih atas kekeluargaan dan kebersamaan kita selama ini.

Beserta almamater tercinta,

Program Studi Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

MOTTO

*Belajarlah untuk selalu membangun rasa optimis, karena itu akan
membangun keberhasilanmu.*



“Bukanlah ilmu yang seharusnya mendatangimu, tetapi
kamulah yang harus mendatangi ilmu itu”

-Imam Malik-

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah, atas kehadiran Allah Subhanawwata'ala Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “Model Regresi Linier Berganda dengan Metode *Generalized Estimating Equation* (GEE)”. Tak lupa shalawat dan salam selalu tercurah kepada Rasul kita Nabi Muhammad SAW.

Banyak pihak tentunya yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Murtono, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Muhammad Wakhid Musthafa, S.Si., M.Si, selaku Ketua Jurusan Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta sekaligus Dosen Pembimbing Akademik Matematika angkatan 2015.
3. Bapak Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan ide, pengarahan serta

meluangkan waktu ditengah kesibukannya untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

4. Ibu Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc. dan Ibu Malahayati, S.Si., M.Sc. selaku penguji yang telah banyak memberi masukan, kritik dan saran yang sangat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu Dosen dan Staf Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas ilmu, bimbingan dan pelayanan selama perkuliahan sampai penyusunan tugas akhir ini sampai selesai.
6. Ayah Ir. Irzoni M.Si dan Ibu Tetty Karsih, orang tua tercinta yang telah membesarkan dan mendidik dengan penuh kasih sayang dan juga selalu mendukung, menyemangati, menasihati serta memotivasi dan berdoa tiada hentinya kepada Yang Maha Kuasa agar penulis diberi kelancaran dalam mengerjakan skripsi ini.
7. Thalia Zal Shabylla, adik yang selalu memberi semangat dan mendoakan serta selalu mengingatkan untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
8. Ihya Ulinnuha selaku orang terdekat penulis yang selalu menyemangati dan selalu mengingatkan agar segera diselesaikan serta selalu menyemangati baik dalam perkataan maupun perbuatan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
9. Sahabat penulis, geng ciwi (Karina Sagita, Luqyana Khalda' Aesa, Shelly Sholatan Kamilah dan Veladita Apriyanti) yang selalu ada dari semester 1 sampai saat ini yang selalu mengingatkan dan menyemangati penulis.

10. Grup OT alias *Omong Tok* (Karina Sagita, Anis Wahidatul Azizah, Nur Lathifa Ulfa, Arzaqul Husna, Hambali Darmawan, Resananda Hanantya, Wahyu Mu'afi, M. Irfan Agus Saputro, Abduh Ilyas Setiawan dan Anggar Dwi Julianto) yang selalu memberi semangat dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Keluarga Besar Matematika angkatan 2015 yang telah berjuang bersama dari awal semester hingga akhir semester dan banyak memberikan semangat serta motivasi kepada penulis.
12. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-satu.

Semoga kebahagiaan, kesehatan, perlindungan-Nya dan doa terbaik selalu menyertai langkah orang-orang ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis juga berharap agar tulisan ini bermanfaat bagi semua pembaca.

Yogyakarta, 12 September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PESETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN BERJILBAB.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6

1.6 Tinjauan Pustaka	7
1.7 Sistematika Penulisan	10
BAB II LANDASAN TEORI	13
2.1 Variabel Random	13
2.1.1 Variabel Random Diskrit.....	14
2.1.2 Variabel Random Kontinu.....	15
2.1.3 Harga Harapan.....	16
2.1.4 Variansi.....	17
2.1.5 Kovariansi	19
2.1.6 Distribusi <i>Marginal</i> dan Bersyarat	19
2.2 Keluarga Eksponensial.....	20
2.3 Koefisien Korelasi	23
2.4 Aljabar Matriks	24
2.4.1 Definisi Matriks.....	24
2.4.2 Transpose Matriks	25
2.4.3 Penjumlahan Matriks.....	26
2.4.4 Pengurangan Matriks.....	26
2.4.5 Perkalian Matriks.....	26
2.4.6 Invers Matriks.....	27
2.5 Analisis Regresi	27
2.5.1 Tahapan dalam Analisis Regresi	28
2.5.2 Jenis Analisis Regresi Linear.....	28
2.5.3 Estimasi Parameter Regresi Linear Berganda	32
2.5.4 Asumsi Model Regresi Linear	39
2.5.5 Pengujian Parameter Model.....	40
2.6 <i>Generalized Linear Model</i> (GLM).....	43
2.7 <i>Link Function</i> (Fungsi Penghubung)	45
2.8 Data Longitudinal	46

2.8.1 Notasi pada Data Longitudinal	46
2.9 Ekspektasi dan Kovariansi	50
2.10 Varian-Kovarian Matriks Data Longitudinal	50
2.11 <i>Quasi Likelihood</i>	51
2.11.1 Pengertian <i>Quasi-likelihood</i>	51
2.11.2 Estimasi <i>Quasi-likelihood</i>	52
2.12 Uji Wald	53
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	55
3.1 Jenis Penelitian	55
3.2 Metode Pengumpulan Data	56
3.3 Variabel Penelitian	56
3.4 Tahap Penelitian	57
3.5 <i>Flowchart</i>	61
BAB IV PEMBAHASAN	62
4.1 Definisi <i>Generalized Estimating Equation (GEE)</i>	62
4.2 Struktur Data Regresi Linear Berganda	64
4.3 Model <i>Generalized Estimating Equation (GEE)</i>	66
4.4 Estimasi Parameter <i>Generalized Estimating Equation (GEE)</i>	67
4.5 Residual Pearson	70
4.6 Pemilihan <i>Working Correlation</i>	70
4.6.1 <i>Independence</i>	70
4.6.2 <i>Exchangeable</i>	71
4.6.3 <i>Autoregressive (AR(1))</i>	72
4.6.4 <i>Unstructured</i>	73
4.7 Mencari Model Terbaik	75
4.8 Pengujian Parameter Model	75

BAB V STUDI KASUS	77
5.1 Deskripsi Data.....	77
5.2 Model <i>Generalized Estimating Equation</i> (GEE)	78
5.3 Estimasi dan Pengujian Parameter pada GEE Tahap 1.....	79
5.4 Estimasi dan Pengujian Parameter pada GEE Tahap 2.....	86
5.5 Estimasi dan Pengujian Parameter pada GEE Tahap 3.....	93
5.6 Relasi Hasil Estimasi Parameter yang signifikan	97
5.7 Matriks Struktur Korelasi (<i>Working Correlation</i>)	97
5.8 Nilai QIC Model GEE	99
5.9 Penerapan Model GEE.....	100
 BAB VI PENUTUP	 102
6.1 Kesimpulan	102
6.2 Saran	104
 DAFTAR PUSTAKA.....	 105
 LAMPIRAN.....	 107
 CURRICULUM VITAE.....	 122

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Tinjauan Pustaka	8
Tabel 2.1	ANOVA untuk Uji Serentak pada Regresi Linear Sederhana	40
Tabel 2.2	Fungsi Penghubung Kanonik	46
Tabel 2.3	Bentuk Umum Data Longitudinal	47
Tabel 2.4	Hubungan <i>Quasi-likelihood</i> dengan Variansi	52
Tabel 3.1	Definisi dari Variabel Penelitian	57
Tabel 5.1	Dugaan Parameter berdasarkan Struktur Korelasi	79
Tabel 5.2	Estimasi Parameter <i>Independence</i>	80
Tabel 5.3	Estimasi Parameter <i>Exchangeable</i>	81
Tabel 5.4	Estimasi Parameter <i>Autoregressive</i> (AR(1))	83
Tabel 5.5	Estimasi Parameter <i>Unstructured</i>	85
Tabel 5.6	Estimasi Parameter <i>Independence</i> Kedua	87
Tabel 5.7	Estimasi Parameter <i>Exchangeable</i> Kedua	89
Tabel 5.8	Estimasi Parameter <i>Autoregressive</i> (AR(1)) Kedua	90
Tabel 5.9	Estimasi Parameter <i>Unstructured</i> Kedua	92
Tabel 5.10	Estimasi Parameter <i>Exchangeable</i> Ketiga	94
Tabel 5.11	Estimasi Parameter <i>Autoregressive</i> (AR(1)) Ketiga	96
Tabel 5.12	Parameter yang Signifikan berdasarkan Struktur Korelasi	97
Tabel 5.13	Alpha dari 3 Struktur Korelasi dari aplikasi RStudio	98
Tabel 5.14	Nilai QIC berdasarkan Struktur Korelasi	99

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Longitudinal pada Perlakuan (Pemberian Dosis), Pakan dan Minum untuk Tikus kecil	107
Lampiran 2. Data Input untuk Program RStudio	111
Lampiran 3. <i>R-Script</i> aplikasi RStudio	112
Lampiran 4. Output dengan Metode GEE	115



DAFTAR SIMBOL

$f(X)$	: fungsi regresi
X	: variabel independen
Y	: variabel dependen
ε	: <i>error</i>
σ^2	: variansi
n	: jumlah data
$E(X)$	: nilai harapan
β	: parameter beta
r	: korelasi
μ	: mean
$\mathbf{A}$	: simbol matriks
α	: taraf signifikansi/intersep
k	: konstanta
ρ	: koefisien korelasi
$\prod$	: perkalian berindeks
$\sum$	: penjumlahan berindeks
$g(\mu)$	: fungsi <i>link</i>
$R(\alpha)$	: matriks korelasi

Model Regresi Linear Berganda dengan Metode *Generalized Estimating Equation* (GEE)

Oleh: Syavira Zal Shabylla

INTISARI

Metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) merupakan metode yang memodelkan sebuah fungsi yang diketahui dari harapan marginal variabel *dependent*, sebagai fungsi linear dari satu atau lebih variabel penjelas yang dapat digunakan untuk menduga parameter model. Kelebihan GEE dapat digunakan untuk data yang mengandung autokorelasi dan data tidak menyebar normal.

Pada penelitian ini menggunakan data Epidemiologi, yaitu pemberian dosis ekstrak herba pacing, pemberian pakan dan minum terhadap berat badan tikus kecil. Penelitian ini bertujuan untuk menduga parameter model regresi linear berganda dengan menggunakan metode GEE.

Kriteria model terbaik didasarkan pada nilai QIC (*Quasi-likelihood under the independence Information Criterion*) terkecil. Hasil penelitian ini diperoleh nilai QIC 2668,20 pada struktur korelasi *independence*. Hasilnya, ada pengaruh perlakuan pemberian dosis yang berpengaruh positif dan variabel minum berpengaruh negatif sedangkan variabel pakan tidak masuk pada model akhir.

Kata kunci: Epidemiologi, *Generalized Estimating Equation* (GEE), Regresi Linear Berganda, Struktur Korelasi.

Multiple Linear Regression Models with *Generalized Estimating Equation (GEE) Method*

By: Syavira Zal Shabylla

ABSTRACT

The *Generalized Estimating Equation (GEE)* method is a method that models a function known by the marginal expectation of dependent variable, as a linear function of one or more explanatory variables that can be used to estimate the parameters of the model. The advantages of GEE are can be used for data containing autocorrelation and data not spread normally.

This study using Epidemiological data, namely doses given of pacing herbal extracts, feed and drinks to the weight of mice. This study aims to predict the parameters of multiple linear regression models using the GEE method.

The best model criteria are based on the smallest QIC (*Quasi-likelihood under the independence Information Criterion*) value. The results of this study obtained a QIC value of 2668,20 on the *independence* correlation structure. As a result, there is a positive influence on the treatment of dosing and the drinking variable has a negative effect while the feed variable is not included in the final model.

Keywords: Correlation Structure, Epidemiology, *Generalized Estimating Equation (GEE)*, Multiple Linear Regression.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Analisis statistika pada dasarnya adalah analisis terhadap sampel yang kemudian hasil analisisnya akan digeneralisasikan untuk mengetahui karakteristik populasi. Analisis statistika juga banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti ilmu sosial, kesehatan, pendidikan dan lain-lain. Dalam analisis statistika, terdapat beberapa teknik pengamatan dalam mengumpulkan data, seperti pengamatan *cross section*, *time series* dan longitudinal (Sugiono, 2010). Data longitudinal adalah data hasil pengukuran berulang untuk satu atau beberapa variabel pada setiap anggota sejumlah subjek atau individu yang sama, yang diamati pada sejumlah titik waktu (Harlan, 2018).

Salah satu metode statistika yaitu analisis regresi. Analisis regresi adalah metode yang digunakan untuk mengukur pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Analisis regresi juga bisa digunakan untuk memprediksi variabel terikat dengan menggunakan variabel bebas. Analisis regresi sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut sebagai variabel yang diterangkan (*the explained variabel*) dengan satu atau dua variabel yang menerangkan (*the explanatory*) (Gujarati, 2006). Variabel pertama disebut juga sebagai variabel tergantung dan variabel kedua disebut juga sebagai variabel

bebas. Jika variabel bebas lebih dari satu, maka analisis regresi disebut regresi linear berganda. Disebut berganda karena pengaruh beberapa variabel bebas akan dikenakan kepada variabel tergantung. Model regresi merupakan suatu hubungan sebab akibat yang paling banyak manfaat dan sering digunakan dalam metode statistika. Dalam analisis regresi biasanya harus memenuhi asumsi-asumsi klasik, seperti tidak terjadinya autokorelasi, tidak terdapat bias ataupun asumsi yang lain. Kelebihan pengamatan longitudinal dari pengamatan yang lain yaitu mampu memberikan informasi tentang dinamika perubahan pada data *cross section* dari waktu ke waktu. Namun pengukuran secara berulang pada pengamatan longitudinal dapat menyebabkan terjadinya autokorelasi. Liang dan Zeger (1986) mengusulkan suatu metode untuk mengatasi data yang mengandung autokorelasi. Metode tersebut yang dipakai untuk menyelesaikan masalah regresi untuk data longitudinal, yakni dengan mencari model untuk menyelesaikan masalah kausalitas adalah *Generalized Estimating Equation* (GEE). Estimator yang didapat dengan metode ini menggunakan estimator tak bias. Pendekatan klasik digunakan untuk mengestimasi tingkat akurasi dari estimator-estimator yang didapatkan melalui *Generalized Estimating Equation* (GEE).

GEE merupakan metode yang memodelkan sebuah fungsi yang diketahui dari harapan marginal variabel *dependent* sebagai fungsi linear dari satu atau lebih variabel penjelas. GEE umumnya digunakan untuk menduga parameter regresi dalam model marginal dan menentukan struktur korelasinya. Pendugaan

parameter pada GEE dilakukan menggunakan metode *quasi-likelihood* dimana hanya mengasumsikan hubungan μ dan $var(Y)$ daripada distribusi peluang untuk Y . Y merupakan variabel dependen. *Quasi-likelihood* melambangkan variansinya berupa $\phi var(Y)$, dengan ϕ merupakan dugaan berdasarkan perubahan yang diobservasi dalam data sampel. Pendugaan *quasi-likelihood* bukanlah *maximum likelihood* karena metodenya tidak secara lengkap menggunakan distribusi untuk Y , dan oleh karena itu tidak ada fungsi *likelihood*.

GEE biasanya digunakan pada data longitudinal, yaitu pada tindakan atau perlakuan yang berulang atau pada data klaster (berkelompok). Umumnya GEE digunakan dalam studi kasus epidemiologi. Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari pola kesehatan dan penyakit serta faktor yang terkait di tingkat populasi. Ini adalah model cornerstone penelitian kesehatan masyarakat, dan membantu menginformasikan kedokteran berbasis bukti (*evidence based medicine*) untuk mengidentifikasi faktor risiko penyakit serta menentukan pendekatan penanganan yang optimal untuk praktik klinik dan untuk kedokteran preventif. Menurut Dr. Anton Muhibuddin (Universitas Brawijaya), saat ini epidemiologi telah berkembang pesat baik pendalaman ilmunya maupun perluasan ilmunya. Perluasan ilmu epidemiologi saat ini juga mencakup epidemiologi bidang pertanian agrokomples (termasuk perikanan, perkebunan, prikanan) dan mikrobiologi. Perluasan tersebut dirasa perlu karena manfaat epidemiolgi sangat nyata dirasakan dalam bidang-bidang ilmu tersebut.

Pendalaman epidemiologi di antaranya meliputi peramalan berbasis komputer dan pengelolaan agroekosistem.

Epidemiologi menggunakan beragam alat-alat ilmiah, dari kedokteran dan statistik sampai sosiologi dan antropologi. Banyak penyakit mengikuti arus migrasi penduduk, sehingga pemahaman tentang bagaimana penduduk bergerak mengikuti musim sangat penting untuk memahami penyebaran penyakit tertentu pada populasi tersebut. Epidemiologi tidak hanya berfokus pada masalah penyebaran penyakit, tetapi juga dengan cara penanggulangannya.

Pada penelitian ini, akan membahas tentang epidemiologi yaitu tentang uji toksisitas subkronis ekstrak herba pacing (*Coustus sprecious* (Koen.) J.E. Smith) pada mencit jantan galur balb/c terhadap profil kimia darah dan urin. Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui kemungkinan apakah ekstrak herba pacing aman jika digunakan sebagai kontrasepsi alami serta dapat menambah bukti ilmiah tentang penggunaannya sebagai terapi pada manusia (dalam dunia farmasi). Di dalam statistika akan dihitung tentang penelitiannya yaitu pemberian dosis herba pacing, makan dan minumannya terhadap berat badan tikus kecil tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana langkah-langkah mendapatkan estimasi parameter β dengan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) pada model regresi linier berganda?
- b. Bagaimana cara mencari model terbaik dengan menggunakan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) pada model regresi linier berganda?
- c. Bagaimana penerapan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) dalam kasus pengaruh pemberian dosis herba pacing, pakan dan minum terhadap berat badan tikus kecil?

1.3 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini, pembahasan teori dan analisis data dibatasi mengenai model regresi linear berganda dengan menggunakan metode GEE dan untuk mencari model terbaiknya menggunakan kriteria informasi pada struktur korelasinya yaitu *Quasi-likelihood under the independence Information Criterion* (QIC).

Penerapan pada penelitian ini difokuskan pada regresi linear berganda dengan memodelkan pengaruh suatu pemberian ekstrak herba pacing (dunia farmasi) terhadap berat badan tikus kecil yang diamati secara berulang yaitu 4 kali pengulangan. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* RStudio 1.1.453.

1.4 Tujuan Masalah

- a. Untuk mengetahui langkah-langkah mendapatkan estimasi parameter β dengan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) pada model regresi linier berganda.
- b. Untuk mengetahui cara mencari model terbaik dengan menggunakan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) pada model regresi linier berganda.
- c. Untuk mengetahui penerapan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) dalam kasus pengaruh pemberian dosis herba pacing, pakan dan minum terhadap berat badan tikus kecil.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan beberapa tujuan diatas, maka manfaat yang diharapkan pada penelitian ini yaitu:

1. Bagi penulis, sebagai tambahan informasi dan wawasan pengetahuan tentang model regresi linier berganda dalam *Generalized Estimating Equation* (GEE)

serta dapat menerapkan teori-teori ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama menjalani pendidikan.

2. Bagi perpustakaan Universitas Islam Negeri (UIN) Yogyakarta, untuk menambah referensi di bagian skripsi dan sebagai referensi tambahan untuk penelitian mahasiswa selanjutnya tentang *Generalized Estimating Equation* (GEE).
3. Bagi pembaca, sebagai referensi dan untuk menambah wawasan serta pengetahuan tentang model regresi linier berganda dalam *Generalized Estimating Equation* (GEE).

1.6 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada penelitian mengenai metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) pada model regresi berganda, penulis memperoleh dari hasil telaah melalui beberapa sumber seperti jurnal-jurnal Matematika, buku, maupun sumber lainnya yang berkaitan atau terdapat relevansi dengan obyek pembahasan. Adapun penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang ditulis oleh penulis adalah penelitian Wahyu Kartika (2013) membahas tentang “Pengaruh Struktur Korelasi dalam *Generalized Estimating Equation* (GEE)”, dalam penelitian ini dijelaskan mengenai struktur korelasi GEE dan menjelaskan aplikasinya, dan penerapannya pada pemeriksaan ibu hamil di klinik bidan praktek swasta dengan bantuan *Software R 2.15.2*.

Penelitian Sawitri (2014) membahas tentang “*Generalized Estimating Equation* menggunakan Metode Bootstrap Berpasangan”, dalam penelitian ini menjelaskan pemodelan pada data longitudinal dan pendekatan GEE menggunakan metode Bootstrap berpasangan, dan penerapannya untuk memodelkan penurunan jarak gigi pada marmut dengan bantuan *software* R 3.0.1 dengan *package* *geepack*.

Penelitian Faiz Budi Arafat (2017) membahas tentang “Persamaan Estimasi Tergeneralisasi pada Data Longitudinal Terimputasi Ganda”, dalam penelitian ini menjelaskan tentang MI-GEE (*Multiple-Imputation Generalized Estimating Equation*) yaitu mengatasi data yang hilang pada data longitudinal terimputasi ganda, dan penerapannya yaitu untuk memodelkan pada suatu data yang diamati secara berulang pada suatu pengaruh pemberian EEHP terhadap berat badan mencit jantan pada uji toksisitas EEHP dengan bantuan perangkat lunak Rstudio versi 1.0.143 dengan bantuan *package* *mice* 2.30 dan *package* *gee* 4.13.

Adapun detail dari ketiga penelitian diatas dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut ini :

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

No.	Nama Peneliti	Metode	Fokus Penelitian	Studi Kasus
1.	Kartika (2013)	Pengaruh Struktur Korelasi (GEE)	Struktur korelasi GEE dan aplikasinya.	Pemeriksaan ibu hamil di klinik bidan praktek swasta.

2.	Sawitri (2014)	Bootstrap Berpasangan	Pemodelan pada data longitudinal dan pendekatan GEE menggunakan Bootstrap berpasangan.	Penurunan jarak gigi marmut.
3.	Arafat (2017)	Terimputasi Ganda	MI-GEE (<i>Multiple-Imputation Generalized Estimating Equation</i>) yaitu mengatasi data yang hilang pada data longitudinal terimputasi ganda.	Pengaruh pemberian EEHP terhadap berat badan mencit jantan pada uji toksisitas EEHP.
4.	Shabylla (2019)	GEE	Model regresi linear berganda pada data	Pengaruh pemberian ekstrak herba pancing, makan dan minum

			longitudinal menggunakan metode GEE.	terhadap berat badan tikus kecil galur Balb/C.
--	--	--	--	--

Adapun persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah membahas tentang yang ada kaitannya dengan “Generalized Estimating Equation (GEE), yaitu Kartika (2013) hanya menjelaskan struktur korelasi dan aplikasinya, Sawitri (2014) menggunakan pendekatan GEE menggunakan bootstrap berpasangan dan Arafat (2017) menggunakan MI-GEE data terimputasi ganda. Sedangkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yaitu belum membahas tentang *Generalized Estimating Equation* (GEE) dalam model regresi linear berganda dan penelitian ini menggunakan model pemrograman *software* RStudio 1.1.453 dengan studi kasus pengaruh pemberian dosis ekstrak herba pancing, pakan dan minum terhadap berat badan tikus kecil galur Balb/C.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah memahami penulisan mengenai penelitian ini secara keseluruhan, maka penulis memberikan gambaran dari sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang pendahuluannya yaitu mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini menyajikan landasan teori mengenai Koefisien Korelasi, Matriks, Analisis Regresi, *Generalized Linear Model* (GLM), Keluarga Eksponensial, *Link Function* (Fungsi Penghubung), Data Longitudinal, Ekspektasi dan Kovariansi, Varian-Kovarian Matriks Data Longitudinal, *Quasi-Likelihood* dan Uji Wald. Dimana dari semua landasan teori tersebut diambil dari beberapa referensi yang terkait dengan masing-masing topik dalam landasan teori.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini mencakup tentang metode penelitian yang dilakukan penulis, metode pengumpulan data, data yang digunakan dalam studi kasus, jalan analisis yang dilakukan penulis dan *flowchart* sebagai ringkasan bagian analisis.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan mengenai Definisi *Generalized Estimating Equation* (GEE), Model *Generalized Estimating Equation* (GEE), Estimasi Parameter *Generalized Estimating Equation* (GEE), Pemilihan Struktur Korelasi dan Mencari Model Terbaik.

BAB V STUDI KASUS

Pada bab ini membahas tentang penerapannya pada regresi linear berganda tentang pengaruh pemberian dosis, pakan dan minum terhadap berat badan tikus kecil galur balb/C yang diambil pada penelitian mahasiswa farmasi UGM. Data dianalisis menggunakan aplikasi Rstudio 1.1.453 dengan paket *geepack* menghasilkan model regresi linear berganda dengan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) yaitu dengan mencari 4 model regresi berdasarkan struktur korelasi yaitu *independence*, *exchangeable*, *autoregressive (ar(1))* dan *unstructured* dengan model terbaiknya berdasarkan nilai QIC terkecil.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan dari pembahasan dan saran yang berkaitan dengan hasil dan pembahasan.

BAB VI

PENUTUP

Regresi linear berganda telah dijelaskan dalam pembahasan dan dilakukan studi kasus dengan menggunakan data mengenai pengaruh pemberian dosis ekstrak herba pancing, pakan dan minum terhadap berat badan tikus kecil, sehingga diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut:

6.1 Kesimpulan

1. Langkah-langkah mendapatkan estimasi parameter β pada *Generalized Estimating Equation* (GEE) maka penduga parameter β dapat diperoleh dengan menyelesaikan fungsi *Quasi-likelihood estimating equation* atau *score-like equation* atau *quasi score* ($S(\beta)$) yang disebut sebagai *Generalized Estimating Equations*:

$$S(\beta) = \sum_{i=1}^n D_i V_i^{-1} (Y_i - \mu_i)$$

Sehingga, estimasi parameternya adalah:

$$\hat{\beta} = \left[\sum_{i=1}^n X_i [\hat{\phi} R_i(\hat{\alpha})]^{-1} X_i \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^n X_i [\hat{\phi} R_i(\hat{\alpha})]^{-1} Y_i \right]$$

2. Mencari model terbaik dengan menggunakan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) pada model regresi linear berganda yaitu dengan mencari nilai QIC yang terkecil dari keempat struktur korelasi dari *Independence*, *Exchangeable*, *Autoregressive(AR(1))* dan *Unstructured*, sehingga nilai QIC yang terkecil yang dipakai untuk model akhirnya.
3. Penerapannya didalam studi kasus dengan menggunakan metode *Generalized Estimating Equation* (GEE) dalam kasus pemberian dosis herba pancing, pakan dan minum terhadap berat badan tikus kecil mendapatkan model akhir dari struktur korelasi *Independence* dengan nilai QIC-nya 2668,20. Model akhir untuk Regresi Linear Berganda struktur korelasi *Independence* dari GEE dengan variabel pakan tidak masuk dalam model, diperoleh:

$$\hat{Y} = 36,28108 + 0,00087 X_1 - 0,22452 X_3$$

Pada variabel perlakuan pemberian dosis (X_1) berpengaruh positif terhadap model yang artinya semakin bertambah dosis yang diberikan maka berat badan tikus kecil semakin bertambah/meningkat, dengan kata lain pemberian dosis 1 mg/kgBB maka berat badan akan bertambah sebesar 0,00087 gr dan pada variabel pemberian minum (X_2) terlihat bahwa variabelnya berpengaruh negatif terhadap model, artinya setiap pemberian minum ke tikus kecil maka berat badan tikus kecil akan berkurang, dengan kata lain

pemberian minum 1 ml maka berat badan tikus kecil akan berkurang sebesar $-0,22452$.

6.2 Saran

Untuk menambah ilmu tentang metode *Generalized Estimating Equation* (GEE), ada saran bagi pembaca untuk mencoba di beberapa model regresi yang lain seperti regresi multilevel, regresi logistik, regresi terpotong atas dan lain-lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, Alan. (2002). *Categorical Data Analysis Second Edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Anton, Howard. (1987). *Aljabar Linier Elementer*. (Alih bahasa: Pantur Silaban). Jakarta: Erlangga.
- Arafat, Faiz Budi. (2017). *Persamaan Estimasi Tergeneralisasi pada Data Lingitudinal Terimputasi Ganda*. FMIPA: Universitas Gadjah Mada.
- Awat, N. J. (1995). *Metode Statistik dan Ekonometri*. Yogyakarta: Liberty.
- Bain, L. J., dan Engelhardt, M. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistic*. California: Duxbury Press.
- Danardono. (2015). *Analisis Data Longitudinal*. UGM: Gadjah Mada University Press.
- Gujarati, Damodar. (2006). *Dasar-dasar Ekonometrika*. Jilid 1. Alih Bahasa Julius Mulyadi. Jakarta: Erlangga.
- Handayanti, K. W., Mitakda, M. B. (2014). *Kajian Metode Generalized Estimating Equation (GEE) Dalam Pendugaan Parameter Model Regresi Multilevel*. FMIPA: Universitas Brawijaya Malang.
- Harlan, Johan. (2018). *Analisis Data Longitudinal*. Depok: Gunadarma.
- Hasan, I. (2001). *Pokok-pokok Materi Statistika I (Statistika Deskriptif)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hedeker dan Gibbons. (2006). *Longitudinal Data Analysis*. New York: Wiley.
- Hidayati, A., Bernadetha, M., Surya, N. W. (2012). *Generalized Estimating Equation (GEE) Pada Data Longitudinal Bersifat Ordinal*. FMIPA: Universitas Brawijaya Malang.
- Hilbe, Joseph M., James W. Hardin. (2003). *Generalized Estimating Equation*. NewYork Washington, D.C. : A CRC Press Company.

Hogg, Robert V., Allen T. Craig. (1978). *Introduction to Mathematical Statistics*. New York : Macmillan.

Hosmer, D. W. dan Lameshow, S. (1989). *Applied Logistic Regression*. New York: John Wiley & Sons Inc.

<https://id.wikipedia.org/wiki/Epidemiologi> (diakses 1 Juli 2019, 20:53)

Kartika, Wahyu. (2013). *Pengaruh Struktur Korelasi dalam Generalized Estimating Equation (GEE)*. FMIPA: Universitas Gadjah Mada.

Saefudin, Abdul Aziz. (2014). *Aljabar Matriks*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sawitri. (2014). *Generalized Estimating Equation menggunakan Metode Bootstrap Berpasangan*. FMIPA: Universitas Gadjah Mada.

Sugiono. (2010). *Statistik untuk Penelitian*. Jakarta: Alfabeta.

Qodratullah, M. F., dkk. (2012). *Statistika*. Yogyakarta: Suka Press.

Qodratullah, M. F. (2013). *Analisis Regresi Terapan: Teori, Contoh Kasus dan Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Longitudinal pada Perlakuan (Pemberian Dosis), Pakan dan Minum untuk Tikus kecil

ID	Waktu	Perlakuan	Pakan	Minum	BB
1	1	0	5,08	4,54	39
1	2	275	6,13	4,43	39,5
1	3	550	11,51	3,79	38,4
1	4	1100	9,48	2,95	38
2	1	0	5,08	4,54	40
2	2	275	6,13	4,43	39,5
2	3	550	11,51	3,79	38,8
2	4	1100	9,08	4,92	40
3	1	0	6,83	4,4	29
3	2	275	9,45	4,16	30
3	3	550	9,88	2,77	31,5
3	4	1100	8,01	3,95	31,5
4	1	0	5,08	4,54	39
4	2	275	6,13	4,43	39,5
4	3	550	8,36	5,93	38,9
4	4	1100	8,85	6,58	40
5	1	0	5,08	4,54	26
5	2	275	6,13	4,43	26,5
5	3	550	11,51	3,79	28,8
5	4	1100	9,48	2,95	30,5
6	1	0	7,36	4,83	40,5
6	2	275	7,26	7,86	41
6	3	550	8,21	9,74	40,9
6	4	1100	11,78	2,54	42
7	1	0	7,36	4,83	31,5
7	2	275	7,26	7,86	30,5
7	3	550	8,21	9,74	31
7	4	1100	4,87	7,17	31
8	1	0	7,36	4,83	32
8	2	275	7,26	7,86	31

8	3	550	8,21	9,74	32,3
8	4	1100	11,78	2,54	32
9	1	0	7,36	4,83	37
9	2	275	7,26	7,86	34
9	3	550	8,21	9,74	33,4
9	4	1100	11,78	2,54	32
10	1	0	7,11	5,57	36,5
10	2	275	7,77	3,8	37,5
10	3	550	7,97	4,23	35,6
10	4	1100	5,44	4,74	41,5
11	1	0	7,11	5,57	42
11	2	275	7,77	3,8	42
11	3	550	7,97	4,23	41
11	4	1100	6,72	4,6	41,5
12	1	0	7,11	5,57	40,5
12	2	275	7,77	3,8	40,5
12	3	550	7,97	4,23	39,7
12	4	1100	5,8	4,17	41,5
13	1	0	7,11	5,57	38
13	2	275	7,77	3,8	38
13	3	550	7,97	4,23	37,9
13	4	1100	5,65	4,89	38,5
14	1	0	7,11	5,57	44
14	2	275	7,77	3,8	43
14	3	550	7,97	4,23	41,9
14	4	1100	5,1	4,89	41,5
15	1	0	7,36	5,63	40
15	2	275	7,11	4,46	39,5
15	3	550	6,5	4,4	38,8
15	4	1100	5,68	4,85	38
16	1	0	7,36	5,63	38
16	2	275	7,11	4,46	38
16	3	550	6,5	4,4	38
16	4	1100	5,68	4,42	38
17	1	0	7,36	5,63	41
17	2	275	7,11	4,46	43
17	3	550	6,5	4,4	42,3
17	4	1100	7,95	4,94	42

18	1	0	7,36	5,63	37
18	2	275	7,11	4,46	38,5
18	3	550	6,5	4,4	38,2
18	4	1100	4,83	3,8	38
19	1	0	4,63	5,06	31
19	2	275	7,03	3,27	33
19	3	550	7,7	5,57	34,5
19	4	1100	8,21	13,21	33
20	1	0	4,63	5,06	29
20	2	275	7,03	3,27	33
20	3	550	7,71	5,57	34,5
20	4	1100	10,05	5,64	34,5
21	1	0	4,63	5,06	28
21	2	275	7,03	3,27	27,5
21	3	550	12,77	3,79	28,5
21	4	1100	3,24	10,92	27
22	1	0	4,63	5,06	36,5
22	2	275	7,03	3,27	34
22	3	550	15,56	3,58	36
22	4	1100	5,71	4	35
23	1	0	4,63	5,06	36,5
23	2	275	7,03	3,27	38,5
23	3	550	13,71	3,71	39,5
23	4	1100	7,34	3,64	39
24	1	0	5,09	4,03	29,5
24	2	275	8,05	5,22	32,5
24	3	550	7,52	5,29	35
24	4	1100	5,76	22,71	34,5
25	1	0	13,61	16,71	29
25	2	275	14,4	21,14	33
25	3	550	14,05	4,43	32
25	4	1100	11,19	2,57	30
26	1	0	5,09	4,03	28,5
26	2	275	8,05	5,22	29
26	3	550	7,52	5,29	28
26	4	1100	5,76	22,71	28,5
27	1	0	5,59	4,15	33
27	2	275	4,1	4,29	34

27	3	550	9,03	3,41	35
27	4	1100	6,85	3,79	35
28	1	0	6,76	4,8	31
28	2	275	6,26	6,69	34
28	3	550	6,36	12	35
28	4	1100	4,35	10,5	34
29	1	0	7,97	7,66	36
29	2	275	6,83	4,54	36,5
29	3	550	12,11	14,77	38
29	4	1100	3,86	14,57	38,8
30	1	0	7,97	7,66	34
30	2	275	6,83	4,54	34
30	3	550	6,4	5,96	36
30	4	1100	6,97	9,21	34,9
31	1	0	7,97	7,66	36,5
31	2	275	6,83	4,54	36
31	3	550	9,85	6,77	36
31	4	1100	4,41	4,43	35
32	1	0	7,97	7,66	26
32	2	275	6,83	4,54	28
32	3	550	6,4	5,96	28,5
32	4	1100	5,83	3,36	27,1
33	1	0	7,23	11,49	34
33	2	275	6,66	3,57	34
33	3	550	7,57	4,01	35,5
33	4	1100	5,09	9,29	33,2
34	1	0	7,23	11,49	39
34	2	275	6,66	3,57	40
34	3	550	13,73	3,19	37
34	4	1100	6,22	5,11	35,9
35	1	0	7,23	11,49	29
35	2	275	6,66	3,57	32
35	3	550	7,57	4,01	34
35	4	1100	3,46	10,71	33,3
36	1	0	7,23	11,49	31
36	2	275	6,66	3,57	36
36	3	550	7,57	4,01	37,5
36	4	1100	3,86	5,79	35,5

Lampiran 2. Data Input di Program RStudio

ID	Perlakuan	Pakan	Minum	BB
1	0	5,08	4,54	39
1	275	6,13	4,43	39,5
1	550	11,51	3,79	38,4
1	1100	9,48	2,95	38
2	0	5,08	4,54	40
2	275	6,13	4,43	39,5
2	550	11,51	3,79	38,8
2	1100	9,08	4,92	40
3	0	6,83	4,4	29
3	275	9,45	4,16	30
3	550	9,88	2,77	31,5
3	1100	8,01	3,95	31,5
4	0	5,08	4,54	39
4	275	6,13	4,43	39,5
4	550	8,36	5,93	38,9
4	1100	8,85	6,58	40
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
33	0	7,23	11,49	34
33	275	6,66	3,57	34
33	550	7,57	4,01	35,5
33	1100	5,09	9,29	33,2
34	0	7,23	11,49	39
34	275	6,66	3,57	40
34	550	13,73	3,19	37
34	1100	6,22	5,11	35,9
35	0	7,23	11,49	29
35	275	6,66	3,57	32
35	550	7,57	4,01	34
35	1100	3,46	10,71	33,3
36	0	7,23	11,49	31
36	275	6,66	3,57	36
36	550	7,57	4,01	37,5
36	1100	3,86	5,79	35,5

Lampiran 3. R-Script aplikasi RStudio

```
#prepare data
str(tikusku)

#develop GEE
library(geepack)
ind<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan+Minum, family=gaussian, data = tikusku,
id=ID, corstr = "independence")
summary(ind)

exc<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan+Minum, family=gaussian, data = tikusku,
id=ID, corstr = "exchangeable")
summary(exc)

ar1<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan+Minum, family=gaussian, data = tikusku,
id=ID, corstr = "ar1")
summary(ar1)

unstr<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan+Minum, family=gaussian, data = tikusku,
id=ID, corstr = "unstructured")
summary(unstr)
```

#Pengujian kedua setelah mengeluarkan variabel yang paling tidak signifikan di masing-masing model

```
ind<-geeglm(BB~Perlakuan+Minum, family=gaussian, data = tikusku, id=ID,
corstr = "independence")
```

```
summary(ind)
```

```
exc<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID,
corstr = "exchangeable")
```

```
summary(exc)
```

```
ar1<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID,
corstr = "ar1")
```

```
summary(ar1)
```

```
unstr<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID,
corstr = "unstructured")
```

```
summary(unstr)
```

#Pengujian ketiga setelah mengeluarkan variabel yang tidak signifikan di masing-masing model

```
exc<-geeglm(BB~Perlakuan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr =
"exchangeable")
```

```
summary(exc)
```

```
ar1<-geeglm(BB~Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr = "ar1")
```

```
summary(ar1)
```

```
unstr<-geeglm(BB~Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr =  
"unstructured")
```

```
summary(unstr)
```

```
#nilai QIC
```

```
library(MESS)
```

```
QIC(ind)
```

```
QIC(exc)
```

```
QIC(ar1)
```



Lampiran 4. Output dengan Metode GEE

```
> #prepare data
> str(tikusku)
Classes 'tbl_df', 'tbl' and 'data.frame':    144 obs. of  5 variables:
 $ ID      : num  1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 ...
 $ Perlakuan: num  0 275 550 1100 0 275 550 1100 0 275 ...
 $ Pakan    : num  5.08 6.13 11.51 9.48 5.08 ...
 $ Minum    : num  4.54 4.43 3.79 2.95 4.54 4.43 3.79 4.92 4.4 4.16 ...
 $ BB       : num  39 39.5 38.4 38 40 39.5 38.8 40 29 30 ...

> #develop GEE
> library(geepack)

> ind<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan+Minum, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr = "independence")
> summary(ind)
Call:
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan + Pakan + Minum, family = gaussian, data = tikusku, id = ID, corstr = "independence")

Coefficients:
              Estimate      Std.err    Wald Pr(>|W|)
(Intercept) 36.374903    1.485691  599.44  <2e-16 ***
Perlakuan    0.000876    0.000427   4.22    0.04 *
Pakan       -0.012671    0.125607   0.01    0.92
Minum       -0.224629    0.087284   6.62    0.01 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimated Scale Parameters:
              Estimate Std.err
(Intercept)   18.5     3.03

Correlation: Structure = independenceNumber of clusters:    36    Maximum cluster size: 4

> exc<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan+Minum, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr = "exchangeable")
> summary(exc)
Call:
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan + Pakan + Minum, family = gaussian, data = tikusku, id = ID, corstr = "exchangeable")
```

```

Coefficients:
              Estimate Std.err      Wald Pr(>|W|)
(Intercept) 3.45e+01 1.00e+00 1180.52 <2e-16 ***
Perlakuan   7.17e-04 3.46e-04   4.29   0.038 *
Pakan        7.43e-02 5.67e-02   1.72   0.189
Minum        3.14e-03 3.87e-02   0.01   0.935
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimated Scale Parameters:
              Estimate Std.err
(Intercept)    19.1     3.02

Correlation: Structure = exchangeable Link = identity

Estimated Correlation Parameters:
              Estimate Std.err
alpha         0.906   0.0248
Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4

> ar1<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan+Minum, family=gaussian, data = t
ikusku, id=ID, corstr = "ar1")
> summary(ar1)
Call:
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan + Pakan + Minum, family = gaussian,
data = tikusku, id = ID, corstr = "ar1")

Coefficients:
              Estimate Std.err      Wald Pr(>|W|)
(Intercept) 34.465949 0.997232 1194.51 <2e-16 ***
Perlakuan    0.000610 0.000354   2.96   0.085 .
Pakan        0.087011 0.041988   4.29   0.038 *
Minum        -0.035450 0.040075   0.78   0.376
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimated Scale Parameters:
              Estimate Std.err
(Intercept)    19     3.04

Correlation: Structure = ar1 Link = identity

Estimated Correlation Parameters:
              Estimate Std.err
alpha         0.95   0.015
Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4

```

```
> unstr<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan+Minum, family=gaussian, data =
tikusku, id=ID, corstr = "unstructured")
> summary(unstr)
```

Call:

```
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan + Pakan + Minum, family = gaussian,
data = tikusku, id = ID, corstr = "unstructured")
```

Coefficients:

	Estimate	Std.err	Wald	Pr(> W)	
(Intercept)	33.451823	1.630013	421.17	<2e-16	***
Perlakuan	0.001424	0.000843	2.85	0.091	.
Pakan	0.204973	0.098115	4.36	0.037	*
Minum	-0.109296	0.193039	0.32	0.571	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimated Scale Parameters:

	Estimate	Std.err
(Intercept)	19.1	3.09

Correlation: Structure = unstructured Link = identity

Estimated Correlation Parameters:

	Estimate	Std.err
alpha.1:2	1.066	0.0536
alpha.1:3	0.860	0.0533
alpha.1:4	0.886	0.0582
alpha.2:3	0.855	0.0610
alpha.2:4	0.862	0.0388
alpha.3:4	0.786	0.0498

Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4

```
> #Pengujian kedua setelah mengeluarkan variabel yang paling tidak
signifikan di masing-masing model
```

```
> ind<-geeglm(BB~Perlakuan+Minum, family=gaussian, data = tikusku
, id=ID, corstr = "independence")
> summary(ind)
```

Call:

```
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan + Minum, family = gaussian, data
= tikusku, id = ID, corstr = "independence")
```

Coefficients:

	Estimate	Std.err	Wald	Pr(> W)	
(Intercept)	36.281089	1.059432	1172.77	<2e-16	***
Perlakuan	0.000874	0.000436	4.02	0.045	*
Minum	-0.224520	0.087267	6.62	0.010	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimated Scale Parameters:

	Estimate	Std.err
(Intercept)	18.5	3.03

Correlation: Structure = independence Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4

```
> exc<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr = "exchangeable")
```

```
> summary(exc)
```

Call:

```
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan + Pakan, family = gaussian, data = tikusku, id = ID, corstr = "exchangeable")
```

Coefficients:

	Estimate	Std.err	Wald	Pr(> W)	
(Intercept)	3.45e+01	9.86e-01	1223.85	<2e-16	***
Perlakuan	7.19e-04	3.43e-04	4.41	0.036	*
Pakan	7.38e-02	5.62e-02	1.72	0.189	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimated Scale Parameters:

	Estimate	Std.err
(Intercept)	19.1	3.04

Correlation: Structure = exchangeable Link = identity

Estimated Correlation Parameters:

	Estimate	Std.err
alpha	0.906	0.0248

Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4

```
> ar1<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr = "ar1")
```

```
> summary(ar1)
```

Call:

```
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan + Pakan, family = gaussian, data = tikusku, id = ID, corstr = "ar1")
```

Coefficients:

	Estimate	Std.err	Wald	Pr(> W)	
(Intercept)	3.42e+01	9.47e-01	1304.91	<2e-16	***
Perlakuan	5.85e-04	3.37e-04	3.02	0.082	.
Pakan	9.21e-02	4.20e-02	4.82	0.028	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
Estimated Scale Parameters:
      Estimate Std.err
(Intercept)   19.2    3.03
```

```
Correlation: Structure = ar1 Link = identity
```

```
Estimated Correlation Parameters:
      Estimate Std.err
alpha    0.952  0.0143
Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4
```

```
> unstr<-geeglm(BB~Perlakuan+Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr = "unstructured")
> summary(unstr)
```

```
Call:
```

```
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan + Pakan, family = gaussian, data = tikusku, id = ID, corstr = "unstructured")
```

```
Coefficients:
```

	Estimate	Std.err	Wald	Pr(> W)
(Intercept)	3.55e+01	1.20e+00	871	<2e-16 ***
Perlakuan	-4.80e-06	3.73e-04	0	0.99
Pakan	-1.68e-03	1.03e-01	0	0.99

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Estimated Scale Parameters:
      Estimate Std.err
(Intercept)   19.2    3.03
```

```
Correlation: Structure = unstructured Link = identity
```

```
Estimated Correlation Parameters:
      Estimate Std.err
alpha.1:2    1.057  0.0516
alpha.1:3    0.843  0.0450
alpha.1:4    0.942  0.0488
alpha.2:3    0.839  0.0492
alpha.2:4    0.913  0.0419
alpha.3:4    0.796  0.0544
Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4
```

```
> #Pengujian ketiga setelah mengeluarkan variabel yang tidak signifikan di masing-masing model
```

```
> exc<-geeglm(BB~Perlakuan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, corstr = "exchangeable")
> summary(exc)
```

```
Call:
geeglm(formula = BB ~ Perlakuan, family = gaussian, data = tikusk
u, id = ID, corstr = "exchangeable")
```

Coefficients:

	Estimate	Std.err	Wald	Pr(> W)	
(Intercept)	3.50e+01	7.61e-01	2116.2	<2e-16	***
Perlakuan	7.34e-04	3.46e-04	4.5	0.034	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimated Scale Parameters:

	Estimate	Std.err
(Intercept)	19.1	3.04

Correlation: Structure = exchangeable Link = identity

Estimated Correlation Parameters:

	Estimate	Std.err
alpha	0.904	0.0246

Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4

```
> ar1<-geeglm(BB~Pakan, family=gaussian, data = tikusku, id=ID, c
orstr = "ar1")
> summary(ar1)
```

Call:

```
geeglm(formula = BB ~ Pakan, family = gaussian, data = tikusku,
id = ID, corstr = "ar1")
```

Coefficients:

	Estimate	Std.err	Wald	Pr(> W)	
(Intercept)	34.6162	0.8822	1539.69	<2e-16	***
Pakan	0.0802	0.0401	3.99	0.046	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimated Scale Parameters:

	Estimate	Std.err
(Intercept)	19.2	3.02

Correlation: Structure = ar1 Link = identity

Estimated Correlation Parameters:

	Estimate	Std.err
alpha	0.949	0.0155

Number of clusters: 36 Maximum cluster size: 4

```
> #nilai QIC
```

```
> library(MESS)
```

```
> QIC(ind)
```

QIC	QICu	Quasi Lik	CIC	params	QICC
2668.2	2665.0	-1329.5	4.6	3.0	2668.4

```
> QIC(exc)
```

QIC	QICu	Quasi Lik	CIC	params	QICC
2754.39	2753.28	-1374.64	2.56	2.00	2754.56

```
> QIC(ar1)
```

QIC	QICu	Quasi Lik	CIC	params	QICC
2774.91	2775.15	-1385.58	1.88	2.00	2775.09



Jenjang	Nama Sekolah	Tahun
TK	TK Pertiwi Sungailiat	2002-2003
SD	SD Negeri 8 Sungailiat	2003-2009
SMP	SMP Negeri 2 Sungailiat	2009-2012
SMA	SMA Negeri 1 Sungailiat	2012-2015
S-1	UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta	2015-2019