

**PENERAPAN ANALISIS REGRESI MULTILEVEL DENGAN METODE
MAXIMUM LIKELIHOOD TERHADAP TINGKAT PENGANGGURAN
TERBUKA DI PULAU SULAWESI**

(Skripsi)

**Oleh
MARTHA MAULIA ALMAZETTA
1857031016**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

APPLICATION OF MULTILEVEL REGRESSION ANALYSIS WITH MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD TO OPEN UNEMPLOYMENT RATE IN SULAWESI ISLAND

By

MARTHA MAULIA ALMAZETTA

Multilevel regression is used to determine the relationship between a dependent variable and independent variables in hierarchically structured data. Hierarchical data is data that consists of several units that are observed at a lower level nest within higher-level units. The method used for parameter estimation is the maximum likelihood method. This study aims to determine a multilevel regression model for the factors that affect the open unemployment rate in Sulawesi Island and determine the value of diversity explained at each level. The results of the analysis showed that the best model is the multilevel model with variable Z and the factors that affect the open unemployment rate in Sulawesi Island are population density, percentage of poor population, and labor force participation rate. The diversity that can be explained by level 1 (district/city) is 50,92%, while level 2 (province) is 84,15%.

Keywords: Multilevel Regression, Hierarchical Data, Open Unemployment Rate

ABSTRAK

PENERAPAN ANALISIS REGRESI MULTILEVEL DENGAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD* TERHADAP TINGKAT PENGANGGURAN TERBUKA DI PULAU SULAWESI

Oleh

MARTHA MAULIA ALMAZETTA

Regresi multilevel digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel terikat dengan variabel bebas pada data berstruktur hirarki. Data hirarki adalah data yang terdiri dari beberapa unit yang diamati pada level rendah tersarang pada level yang lebih tinggi. Metode estimasi parameter yang digunakan adalah metode *maximum likelihood*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh model regresi multilevel terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi dan mengetahui nilai keragaman yang dijelaskan oleh masing-masing level. Hasil analisis menunjukkan bahwa model terbaik adalah model multilevel dengan mengikutsertakan variabel Z dan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi adalah kepadatan penduduk, persentase penduduk miskin dan tingkat partisipasi angkatan kerja. Keragaman yang dapat dijelaskan oleh level 1 (kabupaten/kota) sebesar 50,92%, sedangkan oleh level 2 (provinsi) sebesar 84,15%.

Kata kunci: Regresi Multilevel, Data Hirarki, Tingkat Pengangguran Terbuka

**PENERAPAN ANALISIS REGRESI MULTILEVEL DENGAN METODE
MAXIMUM LIKELIHOOD TERHADAP TINGKAT PENGANGGURAN
TERBUKA DI PULAU SULAWESI**

Oleh

Martha Maulia Almazetta

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **PENERAPAN ANALISIS REGRESI MULTILEVEL
DENGAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD*
TERHADAP TINGKAT PENGANGGURAN
TERBUKA DI PULAU SULAWESI**

Nama Mahasiswa : *Martha Maulia Almazetta*

NPM : 1857031016

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

Mustafa

Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.
NIP. 19570101 198483 1 020

Mury

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1 001

2. Ketua Jurusan Matematika

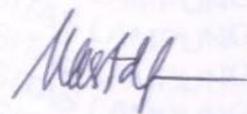
Mury

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1 001

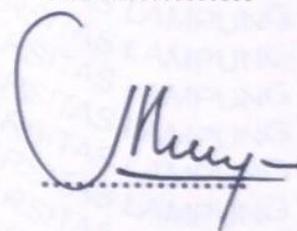
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

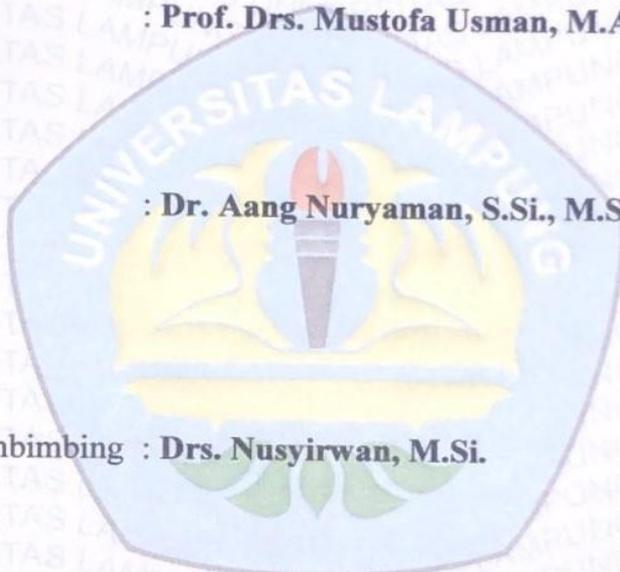
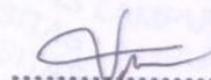
Ketua : Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.



Sekretaris : Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Nusyirwan, M.Si.**

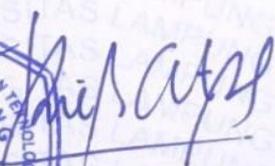


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 11001 200501 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Februari 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : **Martha Maulia Almazetta**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1857031016**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Penerapan Analisis Regresi Multilevel Dengan Metode *Maximum Likelihood* Terhadap Tingkat Pengangguran Terbuka Di Pulau Sulawesi**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 18 Februari 2025

Penulis,



Martha Maulia Almazetta
NPM. 1857031016

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Martha Maulia Almazetta, lahir di Dadirejo, Tanggamus Provinsi Lampung pada tanggal 21 Maret 2000. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Mukhlas A. Danuri dan Ibu Rubiyati.

Pada tahun 2006, penulis menyelesaikan pendidikan awal di TK Al- Akhyar Jakarta. Kemudian menempuh sekolah dasar di SD Negeri Susukan 07 Pagi pada tahun 2006-2012. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 20 Jakarta pada tahun 2012-2015. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 104 Jakarta pada tahun 2015-2018. Kemudian pada tahun 2018, penulis diterima sebagai mahasiswa S1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Pada awal tahun 2021, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) selama 40 hari di Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Lampung Timur sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu di dunia kerja. Pada tahun yang sama, penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjungsari Kecamatan Natar, Lampung selatan sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat dan bentuk pelaksanaan tri darma perguruan tinggi negeri. Pada bulan Agustus – Desember 2021, penulis juga mengikuti kegiatan Kampus Mengajar di SDN 2 Sepang Jaya, Bandar Lampung.

KATA INSPIRASI

“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”
(Q.S. Al-Insyirah: 6)

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik untuk dirimu sendiri. Dan jika kamu berbuat jahat, maka (kerugian kejahatan) itu untuk dirimu sendiri”.
(Q.S. Al-Israa: 7)

“Don't be so hard on yourself, it's your first time living”
(Cheers To Youth- Seventeen)

“ Find something that makes you happy and don't let anyone take it away from you”
(Luke Hemmings)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil' alamin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, untuk segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW. Penulis persembahkan karya sederhana ini kepada:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Kedua orangtua yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan selalu memberi dukungan moral keberhasilan penulis. Terimakasih untuk semua pengorbanan dan kesabaran yang kalian lakukan.

Adikku Faiz Haikal dan Keluarga Besar

Terimakasih telah memberikan doa, semangat dan dukungannya selama ini.

Dosen pembimbing dan Pembahas

Terimakasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah membantu memberikan saran, motivasi, dan ilmu yang bermanfaat.

Almometer Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Analisis Regresi Multilevel Dengan Metode *Maximum Likelihood* Terhadap Tingkat Pengangguran Terbuka Di Pulau Sulawesi”.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, doa, saran, dan motivasi serta semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D., selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia membimbing, memberi saran dan arahan, serta memberikan waktu dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran dan pengarahan serta motivasi kepada penulis.
3. Bapak Drs. Nusyirwan, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun serta evaluasi bagi perbaikan skripsi penulis.
4. Ibu Dra. Dorrah Azis, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberi bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Seluruh dosen, staff, karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Ayah, Mama, Faiz dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, dukungan, serta memberikan semangat dan motivasi yang begitu besar kepada penulis.
9. Teman-temanku yang tersayang Alifiah, Vinny, Bunga, Dila, Mega, Dalfa, dan Anin yang telah menemani, memberi dukungan, memberikan kebahagiaan serta keceriaan kepada penulis selama di bangku kuliah hingga saat ini.
10. Marisa, Reajeng, Rika, dan Riris yang telah memberikan dukungan, serta bantuan kepada penulis selama menyusun skripsi ini.
11. Teman-teman Matematika 2018 yang telah bersama selama masa perkuliahan.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun skripsi ini. Penulis menyadari masih bahwa dalam skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk menjadi bahan perbaikan kedepannya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Bandar Lampung, 18 Februari 2025
Penulis,

Martha Maulia Almazetta
NPM. 1857031016

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Analisis Regresi	4
2.2 Model Linear Campuran (<i>Linear Mixed Model</i>)	5
2.3 Data Hirarki	6
2.4 Analisis Regresi Multilevel	7
2.5 Uji Asumsi	10
2.5.1 Uji Normalitas	10
2.5.2 Uji Multikolinearitas	11
2.6 Metode Penduga Parameter	11
2.7 Pengujian Hipotesis	14
2.8 Pemilihan Model Terbaik	14
2.9 Koefisien Korelasi Intraklas.....	15
2.10 Keragaman Model.....	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Data Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Karakteristik Data	20
4.2 Uji Asumsi	22
4.2.1 Uji Normalitas	22
4.2.2 Uji Multikolinearitas	24

4.3	Analisis Regresi Multilevel.....	25
4.3.1	Model Regresi Multilevel Tanpa Variabel Z.....	25
4.3.2	Model Regresi Multilevel Dengan Variabel Z.....	28
4.4	Pemilihan Model Terbaik	32
4.5	Koefisien Korelasi Intraklas	33
4.6	Keragaman Model	34
V.	KESIMPULAN	36
	DAFTAR PUSTAKA.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Normal Probability Plot</i>	23

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Struktur Data	18
2. Statistika Deskriptif	20
3. Uji Normalitas Dengan Kolmogorov-Smirnov	23
4. Nilai VIF Level 1	24
5. Nilai VIF Level 2	24
6. Hasil Estimasi Parameter Regresi Multilevel Tanpa Variabel Bebas Z	26
7. Hasil Estimasi Parameter Regresi Multilevel Tanpa Variabel Bebas Z, X2, dan X3	28
8. Hasil Estimasi Parameter Regresi Multilevel Dengan Variabel Bebas Z	29
9. Hasil Estimasi Parameter Regresi Multilevel Dengan Variabel Bebas Z Tanpa X2, X3, dan Z2	32
10. Nilai Deviasi Setiap Model	32
11. Nilai Penduga Ragam Tanpa Variabel Bebas	34
12. Nilai Penduga Ragam Model	35

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Dalam berbagai penelitian sosial, ekonomi, pendidikan, dan kesehatan, sering kali ditemui data yang diamati memiliki struktur berjenjang atau hirarki. Data hirarki merupakan data yang dimana unit analisis di level yang lebih rendah tersusun atau bersarang pada level yang lebih tinggi (Hox, 2010). Analisis regresi linear biasa tidak dapat digunakan untuk data yang berstruktur hirarki. Hal ini dikarenakan data yang didapat tidak bersifat independent, sebab individu-individu dalam suatu kelompok cenderung memiliki karakteristik yang sama dengan individu-individu dalam kelompok yang berbeda. Oleh karena itu, metode yang sesuai untuk menganalisis data dengan struktur hirarki adalah analisis regresi multilevel.

Menurut Hox (2010), untuk melihat hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas pada level yang berbeda, digunakanlah analisis regresi multilevel. Model multilevel mulai diperkenalkan oleh Goldstein (1995). Model regresi multilevel adalah teknik statistik yang dikembangkan dari regresi linear sederhana dan dapat mengatasi masalah yang muncul dari data berstruktur hirarki. Pada model regresi multilevel, struktur hirarki didefinisikan sebagai tingkat level. Level 1 disebut tingkat yang rendah dan level 2 disebut tingkat yang lebih tinggi.

Dalam menduga parameter model regresi multilevel, *maximum likelihood* adalah salah satu pendekatan yang sering kali digunakan. Metode *maximum likelihood* merupakan metode statistik yang sangat umum dalam model regresi multilevel karena kemampuannya dalam memperhitungkan struktur data yang bersarang atau

hirarki dan menghasilkan parameter yang konsisten (Bickel dan Doksum, 2015). Metode maximum likelihood bekerja dengan memaksimalkan fungsi likelihood, yang mengukur seberapa baik model menjelaskan data yang diamati.

Pengangguran merupakan salah satu aspek penting dalam menilai kondisi perekonomian di Indonesia. Pengangguran yang terjadi saat ini masih menjadi masalah sosial ekonomi yang harus diselesaikan oleh pemerintah. Menurut Tervia dkk (2022), masalah pengangguran terjadi dikarenakan adanya ketimpangan antara jumlah angkatan kerja dengan jumlah lapangan pekerjaan yang tersedia. Tingkat pengangguran terbuka (TPT) mengukur persentase angkatan kerja yang aktif dalam mencari pekerjaan tetapi belum mendapatkan pekerjaan dalam periode tertentu. Tingkat pengangguran terbuka (TPT) menunjukkan variasi yang signifikan antar provinsi yang masing-masing memiliki karakteristik ekonomi dan sosial yang berbeda. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka tidak hanya berasal dari level individu tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor di level yang lebih tinggi seperti kabupaten atau provinsi. Dengan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka, diharapkan dapat membantu pemerintah dalam membuat kebijakan untuk mengatasi masalah pengangguran di Indonesia.

Penelitian menggunakan analisis regresi multilevel pernah dilakukan oleh Masruroh dan Matsuany (2022) dalam memodelkan nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Tengah dengan pemodelan multilevel. Hasilnya yaitu variabel bebas Angka Melek Huruf (AMH), Rata-rata Lama Sekolah (RLS), Angka Harapan Hidup (AHH), dan Pengeluaran per Kapita (PPP) berpengaruh signifikan terhadap nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada level kabupaten di Jawa Tengah.

Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis akan menerapkan analisis regresi multilevel dengan metode *maximum likelihood* pada data tingkat pengangguran terbuka untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi pada tahun 2022 dan mengetahui keragaman pada setiap level.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan model regresi multilevel terhadap faktor-faktor yang berpengaruh pada tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi tahun 2022 berdasarkan level kabupaten/kota dan provinsi.
2. Menjelaskan keragaman yang dapat dijelaskan pada level 1 kabupaten/kota dan level 2 provinsi terhadap tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi tahun 2022.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui model regresi multilevel terhadap faktor-faktor yang berpengaruh pada tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi tahun 2022.
2. Dapat mengetahui keragaman yang dapat dijelaskan pada level 1 kabupaten/kota dan level 2 provinsi terhadap tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi tahun 2022.
3. Dapat menjadi referensi atau bahan bacaan bagi pembaca dan peneliti lainnya mengenai analisis regresi multilevel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Regresi

Pada tahun 1886, kata regresi pertama kali di kenalkan oleh Francis Galton (Gujarati dan Porter, 2009). Montgomery dan Peck (1992) menyatakan bahwa analisis regresi adalah suatu metode statistik yang digunakan untuk memodelkan dan menyelidiki hubungan tiap variabel. Terdapat dua jenis variabel dalam analisis regresi, yaitu variabel respon yang disebut juga variabel terikat (*dependen*), dan variabel penjelas yang disebut juga variabel bebas (*independen*).

Analisis regresi terpecah menjadi dua bentuk, yakni analisis regresi linear dan analisis regresi nonlinear. Analisis regresi linear terbagi atas analisis regresi linear sederhana dan analisis regresi linear berganda. Menurut Montgomey dan Peck (1992), hubungan antara satu variabel terikat (*dependen*) dengan satu variabel bebas dalam bentuk garis lurus disebut regresi linear sederhana. Model regresi linear sederhana secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (2.1)$$

dengan:

Y = variabel terikat (*dependen*)

X = variabel bebas (*independen*)

β_0 = intersep atau konstanta regresi

β_1 = slope regresi

ε = galat

Sedangkan regresi linear berganda menjelaskan hubungan antara satu variabel terikat dengan lebih dari satu variabel bebas. Pengembangan regresi linear sederhana inilah yang disebut analisis regresi berganda. Menurut Baroroh (2013), dengan menambahkan variabel terikat, pengembangan ini dapat dilakukan. Model regresi linear berganda secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.2)$$

dengan:

Y_i = variabel terikat (dependen) ke- i

X = variabel bebas (independen)

β_0 = intersep atau konstanta regresi

β_k = slope atau koefisien regresi variabel ke- k

ε_i = galat

i = indeks (1, 2, ..., n)

2.2 Model Linear Campuran (*Linear Mixed Model*)

Menurut Harlan (2016), model linear campuran (*linear mixed model*) adalah suatu model persamaan yang menggabungkan faktor acak (*random effect*) dan faktor tetap (*fixed effect*). Variabel bebas dikatakan mempunyai efek acak jika nilai koefisien regresinya berbeda antara dua atau lebih kelompok anggota sampel. Sedangkan variabel bebas dikatakan mempunyai efek tetap jika nilai koefisien regresinya sama untuk semua anggota sampel. Bryck dan Raudenbush (1987) mengatakan bahwa secara umum model linear campuran terdiri dari tiga hal, yaitu sebagai berikut:

1. Efek acak, disebabkan karena adanya pengaruh variabel yang nilainya diperoleh dari sampel acak.
2. Efek hirarki, disebabkan karena adanya pengaruh variabel yang dihitung pada level yang berbeda.
3. Pengukuran berulang, dalam hal ini pengamatan baru dikaitkan pada pengamatan sebelumnya.

Rencher dan Schaalje (2007) menyatakan bentuk sederhana dari persamaan model linear campuran adalah sebagai berikut:

$$Y = X\beta + Z_1u_1 + Z_2u_2 + \dots + Z_iu_i + \varepsilon \quad (2.3)$$

dengan:

Y = vektor respon ($n \times 1$)

X = matriks prediktor efek tetap ($n \times p$)

β = vektor parameter efek tetap ($p \times 1$)

Z_i = matriks prediktor efek acak ($n \times r_i$)

u_i = vektor parameter efek acak ($r_i \times 1$)

ε = vektor galat ($n \times 1$)

$E(\varepsilon) = 0$ dan $Cov(\varepsilon) = \sigma^2 I_n$ untuk $i = 1, 2, \dots, m$

$E(u_i) = 0$ dan $Cov(u_i) = \sigma^2 I_{n_i}$ untuk $i = 1, 2, \dots, m$

$Cov(u_i, u_j) = \mathbf{0}$ untuk $i \neq j$, dimana $\mathbf{0}$ adalah $r_i \times r_j$

$Cov(u_i, \varepsilon) = \mathbf{0}$ untuk semua i , dimana $\mathbf{0}$ adalah $r_i \times n$

Maka $E(Y) = X\beta$ dan $Cov(Y) = \sum_{i=1}^m \sigma_i^2 Z_i Z_i' + \sigma^2 I_n$

2.3 Data Hirarki

Data berstruktur hirarki atau data bertingkat merupakan data yang dimana unit analisis pada tingkatan rendah tersusun atau bersarang dalam unit analisis pada tingkatan lebih tinggi. Data multilevel merupakan istilah lain dari data hirarki (Hox, 2010). Data hirarki dalam suatu penelitian diperoleh melalui *multistage sampling* dari populasi berjenjang dimana variabel-variabelnya dapat ditentukan dari setiap level, yaitu level yang lebih rendah tersusun dalam level yang lebih tinggi. Dalam struktur hirarki, observasi pada tingkatan yang lebih rendah tidak saling bebas karena tiap individu pada kelompok yang sama cenderung memiliki kemiripan (Masruroh dan Matsuany, 2022).

Beberapa pendekatan dapat dilakukan untuk menganalisis data hirarki atau bertingkat.. Misalnya analisis regresi linear, akan tetapi analisis hanya dapat dilakukan pada data level 1 atau level 2 saja. Menurut Hox (1995), pendekatan menggunakan regresi linier berganda pada data hirarki akan menyebabkan beberapa masalah, diantaranya:

1. Ketika dianalisis di level tertinggi, maka informasi akan menghilang di level terendah. Akibatnya, kemampuan dari pengujian statistik pada level ini juga akan berkurang.
2. Ketika dianalisis pada level terendah, pengelompokan data diabaikan. Dengan kata lain, model regresi dibentuk dari semua pengamatan di level terendah. Permasalahan yang akan muncul adalah multikolinieritas, yang membuat model yang dihasilkan menjadi kurang baik.

2.4 Analisis Regresi Multilevel

Analisis regresi multilevel merupakan metode statistik yang dikembangkan dari regresi klasik. Analisis regresi multilevel digunakan untuk menganalisis data berjenjang atau berstruktur hirarki. Data berstruktur hirarki timbul dikarenakan adanya individu-individu yang bersarang dalam suatu kelompok yang tingkatnya lebih tinggi. Goldstein (1995) memperkenalkan analisis *multilevel modelling* sebagai pengembangan dari regresi biasa untuk mengatasi masalah yang timbul akibat data berjenjang atau berstruktur hirarki.

Model regresi multilevel termasuk kedalam model linear campuran (*linear mixed model*), yaitu suatu model gabungan dari efek tetap dan efek acak pada satu persamaan model. Raudenbush dan Bryk (2002) mengatakan bahwa terdapat dua hal yang tercakup dalam mendefinisikan model regresi multilevel. Pertama, data yang sesuai untuk model bertingkat, dengan data level kesatu tersusun dalam data level kedua, data level kedua tersusun dalam data level ketiga, dan seterusnya. Selanjutnya yang kedua adalah parameter dalam model terlihat seperti mempunyai struktur hirarki.

Hox (2010) mengatakan, bentuk dasar dari model multilevel ada dua, yaitu model dengan *random intercept* dan model dengan *random slope*. Model *random intercept* yaitu model yang *intercept*-nya dimodelkan sebagai efek acak sehingga setiap kelompok memiliki *intercept* yang berbeda tetapi memiliki kemiringan (*slope*) yang sama. Sementara itu, model dengan *random slope* memodelkan variabel bebas pada tingkat rendah sebagai efek acak sehingga kemiringan (*slope*) pada masing-masing kelompok berbeda.

Model multilevel yang paling sederhana ialah model dengan dua level, dimana data individu disebut level kesatu sedangkan data kelompok disebut level kedua (West dkk., 2007). Persamaan regresi dua level adalah sebagai berikut:

a) Model level 1

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ij} + \dots + \beta_{pj}X_{pij} + \varepsilon_{ij}$$

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \sum_{k=1}^p \beta_{kj}X_{kij} + \varepsilon_{ij} \quad (2.4)$$

dengan:

Y_{ij} = variabel terikat ke- i pada kelompok ke- j

β_{0j} = intersep level 1

β_{pj} = koefisien regresi variabel bebas ke- p pada kelompok ke- j

X_{pij} = variabel bebas ke- p

ε_{ij} = galat, $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2)$

i = indeks level 1 (1,2,..., n_j)

j = indeks level 2 (1,2, 3, 4, 5, 6)

p = banyak variabel bebas pada level 1 (1,2, 3, 4)

b) Model level 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}Z_{1j} + \dots + \gamma_{0q}Z_{qj} + u_{0j}$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \sum_{m=1}^q \gamma_{0m}Z_{mj} + u_{0j} \quad (2.5)$$

dengan:

β_{0j} = intersep level 1

γ_{00} = intersep level 2

γ_{0q} = koefisien regresi variabel bebas ke- q pada level 2

Z_{qj} = variabel bebas ke- q untuk kelompok ke- j pada level 2

u_{0j} = galat level 2, $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$

j = indeks pada level 2 (1,2, 3, 4, 5, 6)

q = banyak variabel bebas pada level 2 (1,2)

Persamaan 2.5 di substitusikan ke persamaan 2.4 sehingga terbentuk model regresi multilevel yang ditulis pada persamaan berikut:

$$\begin{aligned} Y_{ij} &= \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ij} + \dots + \beta_{pj}X_{pij} + \varepsilon_{ij} \\ &= \gamma_{00} + \gamma_{01}Z_{1j} + \dots + \gamma_{0q}Z_{qj} + u_{0j} + \beta_{1j}X_{1ij} + \dots + \beta_{pj}X_{pij} + \varepsilon_{ij} \end{aligned}$$

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01}Z_{1j} + \dots + \gamma_{0q}Z_{qj} + \beta_{1j}X_{1ij} + \dots + \beta_{pj}X_{pij} + u_{0j} + \varepsilon_{ij}$$

atau,

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + \sum_{m=1}^q \gamma_{0m}Z_{mj} + \sum_{k=1}^p \beta_{kj}X_{kij} + u_{0j} + \varepsilon_{ij} \quad (2.6)$$

Model regresi multilevel intersep acak (*random intercept*) adalah suatu model multilevel dimana tiap unit level 2 memiliki intersep yang berbeda karena intersep dalam model ini bersifat acak dan kemiringannya (*slope*) diasumsikan bersifat tetap. Hox (2010) menyatakan bahwa, model multilevel diasumsikan menyebar secara normal dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Rata-rata sama dengan nol, $E(e_{ij}) = E(u_{0j}) = 0$.
2. Galat terdiri atas dua komponen, yakni e_{ij} dan u_{0j} . Ragam galat di level 1 adalah $Var(e_{ij}) = \sigma_e^2$ dan ragam galat di level 2 adalah $Var(u_{0j}) = \sigma_{u0}^2$.

2.5 Uji Asumsi

2.5.1 Uji Normalitas

Suatu uji yang digunakan untuk menguji apakah data mengikuti distribusi normal atau tidak disebut uji normalitas. Uji Kolmogorov-Smirnov adalah salah satu uji yang sering digunakan untuk uji normalitas. Cara kerja uji Kolmogorov-Smirnov adalah membandingkan dua distribusi data, yaitu distribusi hipotesis dan distribusi yang teramati. Apabila distribusi yang diamati sesuai dengan distribusi yang dihipotesiskan, dapat disimpulkan data yang diamati berdistribusi normal (Kurniawan, 2008). Selain itu, uji normalitas bisa diketahui dengan melihat grafik probabilitas normal dimana ditunjukkan dengan adanya titik-titik yang tersebar didekat diagonal dan distribusinya mengikuti arah diagonal.

Dalam uji Kolmogorov-Smirnov perumusan hipotesis secara sistematis adalah sebagai berikut:

H_0 : galat berdistribusi normal

H_1 : galat tidak berdistribusi normal

Pengambilan keputusan hipotesis dibuat dengan membandingkan nilai p-value dari uji Kolmogorov-Smirnov dengan taraf signifikansi α .

Pengambilan keputusan hipotesis adalah sebagai berikut:

Tolak H_0 , jika nilai p-value < taraf signifikansi (α)

Terima H_0 , jika nilai p-value \geq taraf signifikansi (α)

Berdasarkan pengambilan keputusan tersebut, jika H_0 diterima maka kita dapat menyimpulkan bahwa data berdistribusi normal, sedangkan jika H_0 ditolak maka data tidak berdistribusi normal.

2. 5.2 Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas ialah suatu uji yang digunakan untuk mengetahui korelasi antar variabel bebas pada model regresi (Gujarati, 2004). Untuk menentukan multikolinearitas, uji statistic yang biasa digunakan yaitu dengan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Dalam *Variance Inflation Factor* (VIF) jika nilai VIF lebih dari 10, ini menunjukkan adanya multikolinearitas yang serius sehingga asumsi non multikolinearitas tidak terpenuhi. Perhitungan nilai VIF dapat dilihat sebagai berikut:

$$VIF = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (2.7)$$

dengan:

R_j^2 = nilai koefisien determinasi X_j sebagai respon dengan $(p - 1)$ prediktor lain.

2. 6 Metode Penduga Parameter

Estimasi parameter untuk regresi multilevel pada dasarnya memiliki manfaat yang sama dengan regresi linear biasa. Dalam proses regresi, estimasi parameter bertujuan untuk menentukan nilai-nilai dari parameter yang digunakan (Astutik, 2014). Metode pendugaan parameter yang populer untuk menduga koefisien regresi adalah Metode Kemungkinan Maksimum (*Maximum Likelihood Estimation*). Dalam regresi multilevel metode estimasi parameter yang umum digunakan adalah metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) memperkirakan parameter dengan memaksimalkan fungsi *likelihood* (Hox, 2010). Persamaan metode *maximum likelihood* untuk estimasi parameter dapat dilihat sebagai berikut:

Model regresi multilevel dinyatakan sebagai:

$$Y = X\beta + Zu + \varepsilon \quad (2.8)$$

dengan:

Y = vektor terikat ($n \times 1$)

X = matriks desain efek tetap ($n \times p$)

β = vektor parameter efek tetap ($p \times 1$)

Z = matriks desain efek acak ($n \times q$)

u = vektor parameter efek acak ($q \times 1$), $u \sim N(0, G)$

ε = vektor galat ($n \times 1$), $\varepsilon \sim N(0, R)$

Misalkan:

$$\begin{aligned} Y &= X\beta + Zu + \varepsilon \\ Y &= X\beta + \varepsilon^* \end{aligned} \quad (2.9)$$

dengan,

$$\begin{aligned} \varepsilon^* &= Zu + \varepsilon \\ &= (Z \ I_{n \times n}) \begin{pmatrix} u \\ \varepsilon \end{pmatrix} \\ &= A \begin{pmatrix} u \\ \varepsilon \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$\varepsilon^* \sim N_n(0, V)$$

dimana:

$$\begin{aligned} V &= A \begin{pmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{pmatrix} A^t \\ &= (Z \ I_{n \times n}) \begin{pmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z^t \\ I_{n \times n} \end{pmatrix} \\ &= (ZG \ I_{n \times n}) \begin{pmatrix} Z^t \\ I_{n \times n} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$V = ZGZ^t + R$$

Fungsi *likelihood* dibentuk dari fungsi kepekatan peluang distribusi normal.

Fungsi *likelihood* didefinisikan sebagai berikut:

$$f(Y|\beta, V(\theta)) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |V(\theta)|}} \exp\left(-\frac{1}{2}(Y - X\beta)^t V(\theta)^{-1}(Y - X\beta)\right)$$

$$L(\beta, V(\theta)|Y) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |V(\theta)|}} \exp\left(-\frac{1}{2}(Y - X\beta)^t V(\theta)^{-1}(Y - X\beta)\right)$$

$$= \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} V(\theta)^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2}(Y - X\beta)^t V(\theta)^{-1}(Y - X\beta)\right) \quad (2.10)$$

Dengan menggunakan logaritma natural (ln), maka:

$$\ln L = \ln \left[\frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} V(\theta)^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2}(Y - X\beta)^t V(\theta)^{-1}(Y - X\beta)\right) \right]$$

$$= \ln \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} V(\theta)^{\frac{1}{2}}} + \ln \left(\exp\left(-\frac{1}{2}(Y - X\beta)^t V(\theta)^{-1}(Y - X\beta)\right) \right)$$

$$= -\frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \ln |V(\theta)| - \frac{1}{2} (Y - X\beta)^t V(\theta)^{-1} (Y - X\beta)$$

$$\ln L = -\frac{1}{2} \{ \ln |V(\theta)| + (Y - X\beta)^t V(\theta)^{-1} (Y - X\beta) + n \ln(2\pi) \} \quad (2.11)$$

Kemudian didapatkan fungsi log *likelihood* sebagai berikut:

$$L(\beta, V(\theta)) = -\frac{1}{2} \{ \ln |V(\theta)| + (Y - X\beta)^t V(\theta)^{-1} (Y - X\beta) \} \quad (2.12)$$

dengan memaksimumkan log *likelihood* terhadap β maka didapatkan

$$\hat{\beta}(\theta) = (X^t V(\theta)^{-1} X)^{-1} X^t V(\theta)^{-1} Y \quad (2.13)$$

Menurut West dkk (2007), efek tetap β dan efek acak u diduga oleh

$$\hat{\beta} = (X^t \hat{V}^{-1} X)^{-1} X^t \hat{V}^{-1} Y \quad (2.14)$$

$$\hat{u} = GZ^t \hat{V}^{-1} (Y - X\hat{\beta}) \quad (2.15)$$

dimana $\hat{V} = V(\hat{\theta}_{ML})$.

Kelebihan metode *maximum likelihood* ini dibandingkan dengan REML adalah perhitungannya yang relatif mudah untuk dihitung. Perbedaan antara hasil dari kedua metode tersebut juga cukup kecil dan jika sampelnya besar, perbedaan antara hasil kedua metode dapat diabaikan (Hox, 1995).

2.7 Pengujian Hipotesis

Pengujian parameter secara parsial dilakukan dengan menggunakan uji statistik Wald pada masing-masing level 1 dan level 2 berdasarkan hipotesis berikut (Jones dan Steenbergen, 2002):

- a. Hipotesis untuk parameter level 1

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

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

Dengan p adalah banyaknya variabel bebas untuk level 1. Statistik uji Wald yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{\hat{\beta}_{pj}}{SE(\hat{\beta}_{pj})} \quad (2.16)$$

- b. Hipotesis untuk parameter level 2

$$H_0: \gamma_{qj} = 0$$

$$H_1: \gamma_{qj} \neq 0$$

Dengan q merupakan banyaknya variabel bebas untuk level 2. Statistik uji Wald yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{\hat{\gamma}_{qj}}{SE(\hat{\gamma}_{qj})} \quad (2.17)$$

2.8 Pemilihan Model Terbaik

Pada regresi multilevel, model terbaik dipilih berdasarkan nilai deviasinya. Deviasi digunakan sebagai suatu ukuran untuk menilai apakah suatu model cocok atau tidak. Kriteria keputusan suatu model dianggap sesuai atau cocok dengan data apabila mempunyai nilai deviasi yang kecil. Tantular (2009) mengatakan, model regresi multilevel terbaik dipilih dengan menggunakan uji rasio kemungkinan atau dikenal juga dengan sebaran deviasi, yaitu suatu ukuran untuk menilai kecocokan model. Perhitungan dalam pengujian ini ialah selisih dari nilai deviasi antara dua model (*diff*).

Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Diff = -2\log_e \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_1} \right) \quad (2.18)$$

dengan:

λ_0 = nilai deviasi untuk *null* model

λ_1 = nilai deviasi untuk *full* model

Menurut Hox (2010), nilai deviasi yang semakin kecil pada suatu model dapat diartikan bahwa model tersebut merupakan model yang baik atau sesuai, dan apabila nilai $diff > \chi^2_{(\alpha, db)}$ maka tolak H_0 , dengan db ialah selisih jumlah parameter di kedua model. Dengan demikian, bisa disimpulkan bahwa terdapat keragaman atau variasi signifikan pada variabel terikat antar kelompok, yang berarti efek acak signifikan.

2.9 Koefisien Korelasi Intraklas

Suatu ukuran keeratan hubungan antara dua variabel disebut dengan korelasi (Kistiana dkk., 2020). Model regresi multilevel mengasumsikan bahwa observasi saling tidak bebas satu sama lain. West dkk (2007) mengatakan bahwa ketidakbebasan antar observasi ini dinilai dengan koefisien korelasi intraklas. Korelasi intraklas memperlihatkan proporsi keragaman yang dapat dijelaskan oleh unit kelompok dalam populasi, juga dapat diartikan sebagai korelasi yang diharapkan dari dua unit yang dipilih acak yang terletak dalam suatu kelompok yang sama. Koefisien korelasi intraklas atau *Intraclass Correlation Coefficients* (ICC) dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\sigma_{u0j}^2}{\sigma_{u0j}^2 + \sigma_{ej}^2}, 0 \leq \rho \leq 1 \quad (2.19)$$

dengan:

ρ = koefisien korelasi intraklas

σ_{ej}^2 = ragam galat di level 1

σ_{u0j}^2 = ragam galat di level 2

Nilai ρ yang semakin besar, berarti menyatakan korelasi antar individu juga semakin tinggi, akibatnya tidak bisa dilakukan menggunakan analisis regresi biasa dan diperlukan analisis regresi multilevel.

2. 10 Keragaman Model

Besarnya keragaman variabel terikat yang dapat didefinisikan oleh variabel bebas pada suatu model disebut koefisien determinasi. Koefisien determinasi berfungsi untuk menilai sejauh mana keragaman koefisien dapat dijelaskan oleh suatu model yang sudah dibuat. Pada model multilevel, koefisien determinasi dapat ditentukan, meskipun akan diperoleh lebih dari satu koefisien determinasi (Tantular dkk., 2009).

Koefisien determinasi level 1 dirumuskan sebagai berikut:

$$R_1^2 = 1 - \frac{\sigma_{ep}^2}{\sigma_{e0}^2} \quad (2.19)$$

dengan:

R_1^2 = koefisien determinasi pada level 1

σ_{ep}^2 = penduga ragam galat di level 1 dengan p variabel bebas

σ_{e0}^2 = penduga ragam galat di level 1 tanpa variabel bebas

Koefisien determinasi level 2 dirumuskan sebagai berikut:

$$R_2^2 = 1 - \frac{\sigma_{uq}^2}{\sigma_{u0}^2} \quad (2.20)$$

dengan:

R_2^2 = koefisien determinasi pada level 2

σ_{uq}^2 = penduga ragam galat di level 2 dengan q variabel bebas

σ_{u0}^2 = penduga ragam galat di level 2 tanpa variabel bebas

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun akademik 2024/2025. Bertempat di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada 6 provinsi dan 81 kabupaten/kota yang terletak di Pulau Sulawesi tahun 2022. Variabel-variabel yang diteliti adalah tingkat pengangguran terbuka, kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, laju pertumbuhan penduduk, presentase penduduk miskin, tingkat partisipasi angkatan kerja dan laju produk domestik regional bruto. Berikut penjelasan variabel-variabel penelitian yang digunakan:

- a. Variabel terikat (dependen):
Tingkat Pengangguran Terbuka (Y)
- b. Variabel bebas (independen):
Level 1 (Kabupaten/Kota):
 1. Kepadatan Penduduk (X1)
 2. Rasio Jenis Kelamin(X2)
 3. Laju Pertumbuhan Penduduk (X3)
 4. Persentase Penduduk Miskin (X4)

Level 2 (Provinsi):

1. Tingkat partisipasi angkatan kerja (Z1)
2. Laju PDRB (Z2)

Struktur data yang diteliti bias dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Struktur Data

NO	PROV	TPT (%)	LEVEL 1				LEVEL 2	
			KP (jiwa/ km ²)	RJK (%)	LPP (%)	PPM (%)	TPAK (%)	LPDRB (%)
1.	SULUT	4.96	77	109	0.89	7.04	63.08	5.42
2.	SULUT	7	310	104	0.5	7.05	63.08	5.42
3.	SULUT	2.87	231	104	0.37	10.5	63.08	5.42
4.	SULUT	3.67	94	106	0.62	8.25	63.08	5.42
5.	SULUT	5.77	166	106	1.25	9	63.08	5.42
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
76.	SULBAR	2.19	197	99.4	0.97	15.13	73	2.31
77.	SULBAR	2.16	236	99	1.42	16.39	73	2.31
78.	SULBAR	2.06	55	105.5	1.08	14.51	73	2.31
79.	SULBAR	3.06	58	105.3	1.4	7.63	73	2.31
80.	SULBAR	2.38	68	107.6	2.92	5.09	73	2.31
81.	SULBAR	1.88	51	106.8	1.99	7.17	73	2.31

Keterangan:

- TPT = Tingkat Pengangguran Terbuka (%)
- KP = Kepadatan Penduduk (jiwa/km²)
- RJK = Rasio Jenis Kelamin (%)
- LPP = Laju Pertumbuhan Penduduk (%)
- PPM = Persentase Penduduk Miskin (%)
- TPAK = Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (%)
- LPDRB = Laju PDRB (%)

3.3 Metode Penelitian

Data diolah dengan menggunakan bantuan *software* SAS 9.4. Berikut langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Melakukan pengolahan dan penyajian data secara deskriptif terhadap masing-masing variabel pada level 1 kabupaten/kota dan level 2 provinsi.
2. Melakukan uji asumsi data.
 - a. Uji normalitas dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan *Normal probability Plot*.
 - b. Uji multikolinearitas dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF).
3. Membuat model menggunakan analisis regresi multilevel dalam menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi tahun 2022 pada level 1 kabupaten/kota dan level 2 provinsi dengan metode *maximum likelihood*.
4. Memilih model terbaik dengan membandingkan nilai deviasi atau diff pada model-model multilevel.
5. Menghitung nilai koefisien korelasi intraklas.
6. Mendeskripsikan keragaman yang dapat dijelaskan oleh variabel pada level 1 (kabupaten/kota) dan level 2 (provinsi) terhadap tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi tahun 2022.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi adalah variabel kepadatan penduduk, presentase penduduk miskin, dan tingkat partisipasi angkatan kerja.

2. Berdasarkan hasil analisis regresi multilevel diperoleh model regresi, yaitu:

$$\text{Tingkat pengangguran terbuka} = 19,3252 + 0,0010 \text{ kepadatan penduduk} - 0,1412 \text{ presentase penduduk miskin} - 0,2151 \text{ tingkat partisipasi angkatan kerja}$$

Yang berarti tingkat pengangguran terbuka bernilai 19,3252 apabila variabel kepadatan penduduk, presentase penduduk miskin, dan tingkat partisipasi angkatan kerja bernilai nol. Untuk setiap penambahan satu-satuan pada variabel kepadatan penduduk akan menyebabkan meningkatnya tingkat pengangguran terbuka sebesar 0,0010, variabel presentase penduduk miskin akan menyebabkan menurunnya tingkat pengangguran terbuka sebesar 0,1468, dan variabel tingkat partisipasi angkatan kerja akan menyebabkan menurunnya tingkat pengangguran terbuka sebesar 0,2151.

3. Keragaman yang dapat dijelaskan oleh level 1 sebesar 50,92%, artinya besarnya pengaruh variabel bebas pada level 1 kabuapten/kota terhadap tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi adalah sebesar 50,92%. Sedangkan nilai keragaman yang dapat dijelaskan oleh level 2 sebesar 84,15%, artinya besarnya pengaruh variabel bebas pada level 2 provinsi terhadap tingkat pengangguran terbuka di Pulau Sulawesi adalah sebesar 84,15%.

DAFTAR PUSTAKA

- Astutik, Y. S. 2014. Maximum Likelihood Estimations (MLE) untuk Regresi Linear Multilevel. *Centre Civil & Electrical Engineering Journal*. **9**(1): 31-36.
- Baroroh, A. 2013. *Analisis Multivariat dan Time Series dengan SPSS 21*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Bickel, P. J. dan Doksum, K. A. 2015. *Mathematical Statistics: Basic Ideas and Selected Topics Vol 1*. 2nd Edition. Prentice Hall, New Jersey.
- Bryk, A. S. dan Raudenbush, S. W. 1987. Applying The Hierarchical Linear Models to Measurement of Change Problems. *Psychological Bulletin*. 101: 147-158.
- Gujarati, D. N. 2004. *Basic Econometrics*. 4th Edition. Institute of Education Multilevel Models Project, London.
- Gujarati, D.N. dan Porter, D.C. 2009. *Basic Econometrics*. 5th Edition. McGraw Hill Company, New York.
- Goldstein, H. 1995. *Multilevel Statistical Models*. Edward Arnold, London.
- Harlan, J. 2016. *Analisis Multilevel*. Gunadarma, Depok.
- Hox, J.J. 1995. *Applied Multilevel Analysis*. TT-Publikaties, Amsterdam.

- Hox, J.J. 2010. *Multilevel Analysis: Techniques and Applications*. 2nd Edition. Routledge, New York.
- Jones, B. S. dan Steenbergen, M. R. 2002. Modelling Data Structures. *American Journal of Political Science*. **46**(1): 218-237.
- Kistiana, S., Nasution, L. S., dan Naibaho, M. M. P. 2020. Faktor Ontestual dan Individual Terhadap Jumlah Anak Lahir Hidup: Sebuah Analisis Multilevel. *Jurnal Kependudukan Indonesia*. **15**(1): 33-38.
- Kurniawan, D. 2008. *Regresi Linear*. R Development Core Team, Austria.
- Masruroh, M. dan Matsuany, B. 2022. Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Model Multilevel. *Perwira Journal Of Science & Engineering*. **02**(1): 57-63.
- Montgomery, D. C dan Peck, E. A. 1992. *Introduction to Linear Regression Analysis*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Toronto.
- Raudenbush, S.W. dan Bryk A.S. 2002. *Hierarchical Linear Models: Applications and Data Analysis Methods*. Sage, Thousand Oaks.
- Rencher, A.C dan Schaalje, G.B. 2007. *Linear Models In Statistics*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Tantular, B. 2009. Penerapan Model Regresi Linier Multilevel Pada Data Pendidikan dan Data Nilai Ujian. Tesis. Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tantular, B., Aunuddin, dan Wijayanto, H. 2009. Pemilihan Model Regresi Linear Multilevel Terbaik. *Forum Statistika dan Komputasi*. **14**(2): 1-7.

Tervia, S., Rositawati, A. F. D., dan Fitri, H. Z. 2022. Pemodelan Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap TPT Provinsi Tertinggi Di Indonesia Sebagai Dampak Dari Covid-19. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*. **14**(2): 17-30.

West, B. T., Welch, K. B., dan Galecki, A. T. 2007. *Linear Mixed Model: A Practical Guide using Statistical Software*. Chapman & Hall, Boca Raton.