

**MODEL REGRESI LOGISTIK ORDINAL MULTILEVEL
PADA TINGKAT PREDIKAT KELULUSAN MAHASISWA
(Studi Kasus: Perguruan Tinggi di Kota Baubau)**

*MULTILEVEL ORDINAL LOGISTIC REGRESSION MODEL
ON STUDENTS GRADUATION PREDICATE LEVEL
(Case Study: Universities in Baubau City)*

FIRMAN SAPUTRA



**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**MODEL REGRESI LOGISTIK ORDINAL MULTILEVEL
PADA TINGKAT PREDIKAT KELULUSAN MAHASISWA
(Studi Kasus: Perguruan Tinggi di Kota Baubau)**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Statistika

Disusun dan diajukan oleh

FIRMAN SAPUTRA
H062201004

kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

TESIS

MODEL REGRESI LOGISTIK ORDINAL MULTILEVEL PADA TINGKAT PREDIKAT KELULUSAN MAHASISWA

(Studi Kasus : Perguruan Tinggi di Kota Baubau)

FIRMAN SAPUTRA

H062201004

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Program Studi Magister Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 10 November 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.

NIP. 19770808 200501 2 002

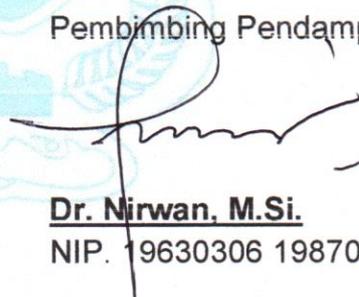
Ketua Program Studi
Magister Statistika,



Dr. Dr. Georgina M. Tinungki, M.Si.

NIP. 19620926 198702 2 001

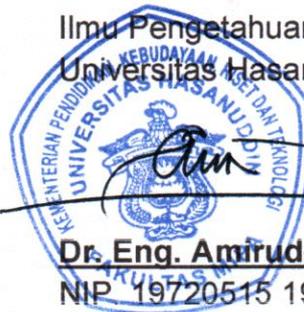
Pembimbing Pendamping,



Dr. Nirwan, M.Si.

NIP. 19630306 198702 1 002

Dekan Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin,



Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.

NIP. 19720515 199702 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul Model Regresi Logistik Ordinal Multilevel Pada Tingkat Predikat Kelulusan Mahasiswa (Studi Kasus: Perguruan Tinggi di Kota Baubau) adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si dan Dr. Nirwan, M.Si). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (International Journal of Academic and Applied Research (IJAAR) ISSN: 2643-9603 Vol. 9 Issue 10 page 99-102, October 2022) sebagai artikel dengan judul "Characteristics of Graduation Predicate UM Buton Students Using Ordinal Logistic Regression".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 10 November 2022

Yang Menyatakan,



Firman Saputra

NIM. H062201004

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tesis ini. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa apa yang dikemukakan dalam tesis ini masih jauh dari kesempurnaan yang merupakan sebagai akibat dari keterbatasan kemampuan serta berbagai kesulitan yang penulis hadapi dalam penyusunan tesis ini.

Penulis memanjatkan doa kepada Tuhan Yang Maha Esa agar memberikan rahmat-Nya kepada pihak yang banyak membantu dalam penyelesaian tesis ini. Penulis juga percaya tesis ini dapat selesai bukan hanya dengan kekuatan pikiran penulis semata akan tetapi karena bantuan dari berbagai pihak juga, baik selama proses perkuliahan bahkan sampai proses pengerjaan tesis di Program Magister Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Namun demikian, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca karya tulis ini demi sempurnanya tesis ini.

Terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta dan saudara-saudara saya atas doa yang tak pernah putus, dukungan serta segala kebaikan mereka yang sampai kapan pun takkan pernah bisa terbalaskan atas kasih sayang yang tiada henti dalam penyelesaian tesis ini. Selanjutnya, saya ingin menyampaikan juga rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Dr. Nurtiti Sanusi, M.Si.** selaku Ketua Departemen Statistika FMIPA Universitas Hasanuddin yang juga menjadi salah satu tim penguji tesis

ini, telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan dan masukan dalam penyelesaian tesis ini.

4. **Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.** selaku Ketua Program Studi Magister Statistika Departemen Statistika FMIPA Universitas Hasanuddin yang menjadi salah satu tim penguji tesis ini, telah memberikan arahan dan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.
5. **Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si** selaku Pembimbing Utama yang sangat bersabar dan bersedia meluangkan banyak waktunya untuk membimbing penulis serta memberikan ilmu, dukungan, masukan motivasi, dan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
6. **Dr. Nirwan, M.Si.** selaku Pembimbing Pertama yang telah bersabar dan bersedia meluangkan banyak waktunya untuk membimbing penulis serta memberikan dukungan, masukan, dan kemudahan kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.
7. **Dr. Erna Tri Herdiani, M.Si.** selaku penguji penulis yang telah bersedia memberikan masukan-masukan dan arahan dalam penyusunan tesis.
8. Bapak/ Ibu Pimpinan Universitas Muhammadiyah Buton, Universitas Dayanu Ikhsanuddin, dan Sekolah Tinggi Agama Islam YPIQ Baubau yang telah membantu dan memberikan kemudahan dalam proses pengumpulan data dalam tesis ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Departemen Statistika FMIPA Universitas Hasanuddin, yang dengan tulus ikhlas memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang dimilikinya selama perkuliahan berlangsung sehingga memberikan banyak manfaat bagi penulis untuk saat ini maupun di masa mendatang.
10. Kepala Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Buton Selatan serta teman-teman Calon Pegawai Negeri Sipil Kabupaten Buton Selatan Formasi Tahun 2019 yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.
11. Istri saya **Rusnia Zaidun, S.TP., M.Si.**, anak saya **Nur Afiah Putri Rusman** dan **Nur Nasywah Mahreen Rusman** serta kedua orang tua

dan mertua saya yang senantiasa bersabar dan selalu mendukung segala hal selama penyelesaian tesis ini.

12. Teman-teman Mahasiswa Program Magsiter Statistika Departemen Statistika FMIPA Universitas Hasanuddin Angkatan 2 yaitu **Bakry, Ardiansyah Abubakar, Andi Nurhayati Latief, Nurul Fadhilah, Alfi Nur Khaully**, dan **Mita Astuti** serta seluruh Angkatan lainnya, terima kasih atas nasehat dan dukungan yang sangat luar biasa kepada penulis.
13. Adik-Adik Anggota Himpunan Mahasiswa Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin dan Himpunan Mahasiswa Statistika FMIPA Universitas Hasanuddin yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyelesaian tesis ini.
14. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipat ganda atas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga penulisan tesis ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam dunia statistika dan data sains.

Makassar, 10 November 2022



Firman Saputra

ABSTRAK

FIRMAN SAPUTRA. **Model Regresi Logistik Ordinal Multilevel Pada Tingkat Predikat Kelulusan Mahasiswa, Studi Kasus: Perguruan Tinggi di Kota Baubau** (dibimbing oleh Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si dan Dr. Nirwan, M.Si)

Analisis regresi logistik ordinal multilevel merupakan salah satu jenis regresi yang memodelkan data struktur hirarki dengan syarat variabel respon menggunakan skala ordinal. Tingkat predikat kelulusan mahasiswa merupakan data dengan struktur bertingkat dari mahasiswa yang tersarang ke dalam kelompok program studinya. Penelitian ini memiliki tujuan menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi predikat kelulusan mahasiswa serta keragaman yang dijelaskan oleh level program studi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik adalah model multilevel dengan efek *slope* acak usia lulusan. Variabel prediktor yang berpengaruh dalam model adalah jenis kelamin, status asal daerah, dan status pembiayaan pendidikan dengan keragaman antar program studi sebesar 0,742 dan keragaman usia sebesar 0,052. Lulusan yang memiliki peluang besar untuk memperoleh tingkat predikat tinggi adalah mahasiswa perempuan, sebagian besar berasal dari luar Kota Baubau dan pendidikannya dibiayai oleh orang tua.

Kata kunci: Logistik Ordinal, Ordinal Multilevel, *Maximum Likelihood Estimation*, Predikat Kelulusan Mahasiswa.

ABSTRACT

FIRMAN SAPUTRA. *Multilevel Ordinal Logistic Regression Model on Students Graduation Predicate Level, Case Study: Universities in Baubau City* (supervised by Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si and Dr. Nirwan, M.Si)

Analysis multilevel ordinal logistics regression is one of the type regressions modeling the data with structure hierarchical with condition ordinal scale response variable. Students graduation predicate level is data with structure hierarchical from students who are nested in their study program. This research have destination explain influencing factors level predicate graduation student as well as variance described by the level of the program of study. The result showed that the best model is a multilevel model with effect slope random age student. Variable influential predictors in the model is type gender, origin status area, and financing status education with variance between study programs of 0.742 and variance graduates age of 0.052. Graduates who have opportunity big for get level predicate tall is student girl, part big originated from outside Baubau City and education financed by parents.

Keywords: *Ordinal Logistic, Multilevel Ordinal, Maximum Likelihood Estimation, Students Graduation Predicate.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Model Regresi	7
2.2. Model Regresi Multilevel	7
2.2.1. Model Level Satu	9
2.2.2. Model Level Dua	9
2.3. Model Regresi Logistik Ordinal	10
2.4. Model Regresi Logistik Ordinal Multilevel	12
2.4.1. Pengujian Parameter Secara Simultan	12
2.4.2. Pengujian Parameter Secara Parsial	13
2.4.3. Pengujian Kelayakan Model	13
2.4.4. Evaluasi Klasifikasi	14
2.4.5. Interpretasi Parameter	15
2.5. Metode <i>Maximum Likelihood</i>	16
2.6. Predikat Kelulusan Mahasiswa	17
2.7. Kerangka Konseptual	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1. Lokasi Penelitian	20
3.2. Sumber Data	20
3.3. Variabel Penelitian	20

3.4. Definisi Operasional	20
3.5. Metode Analisis	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Estimasi Parameter Regresi Logistik Ordinal Multilevel Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i>	24
4.2. Analisis Deskriptif	31
4.2.1. Deskripsi Variabel Respon	32
4.2.2. Deskripsi Variabel Prediktor terhadap Variabel Respon	35
4.3. Analisis Regresi Logistik Ordinal Multilevel	39
4.3.1. Pembentukan Model	39
4.3.2. Model Terbaik	43
4.3.3. Pengujian Akurasi Model	43
4.3.4. Interpretasi Parameter	44
BAB V PENUTUP	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	52
Lampiran 1. Data Tingkat Predikat Kelulusan Mahasiswa di Kota Baubau Tahun 2020-2021.....	53
Lampiran 2. Proses Perhitungan Turunan Pertama Fungsi <i>In-Likelihood</i>	55
Lampiran 3. Proses Perhitungan Turunan Kedua Fungsi <i>In-Likelihood</i>	57
Lampiran 4. Output Analisis Regresi Logistik Ordinal Multilevel dengan Aplikasi STATA	64
Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Struktur Data Multilevel	8
Tabel 2.2.	Tabel Evaluasi Klasifikasi	14
Tabel 2.3.	Tabel Kontingensi Rasio Odds	15
Tabel 3.1.	Variabel Penelitian	20
Tabel 3.2.	Definisi Operasional Variabel Penelitian	21
Tabel 4.1.	Deskripsi perguruan tinggi dan program studi terhadap tingkat predikat kelulusan mahasiswa di Kota Baubau tahun 2020-2021	33
Tabel 4.2.	Deskripsi variabel prediktor level individu terhadap tingkat predikat kelulusan mahasiswa di Kota Baubau tahun 2020-2021	36
Tabel 4.3.	Deskripsi variabel prediktor level program studi terhadap tingkat predikat kelulusan mahasiswa di Kota Baubau tahun 2020-2021	38
Tabel 4.4.	Hasil uji perbandingan model multilevel dengan struktur efek tetap	40
Tabel 4.5.	Hasil uji perbandingan model multilevel efek slope acak	40
Tabel 4.6.	Hasil penaksiran parameter model regresi logistik ordinal multilevel	41
Tabel 4.7.	Hasil uji perbandingan model akhir regresi logistik ordinal multilevel	42
Tabel 4.8.	Hasil penaksiran parameter model akhir regresi logistik ordinal multilevel	42
Tabel 4.9.	Persentase ketepatan klasifikasi model regresi logistik ordinal multilevel	44
Tabel 4.10.	Rasio odds model regresi logistik ordinal multilevel	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Kerangka Konseptual Penelitian	19
Gambar 4.1.	Barplot persentase lulusan terhadap predikat kelulusan mahasiswa di Kota Baubau tahun 2020-2021	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pendidikan di Indonesia terdiri dari pendidikan formal, non-formal dan informal. Dalam Undang-Undang No. 20 Tahun 2003, pendidikan formal adalah jalur pendidikan yang terstruktur dan berjenjang yang terdiri atas pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan tinggi. Pendidikan Tinggi adalah jenjang pendidikan setelah pendidikan menengah yang mencakup program diploma, program sarjana, program magister, program doktor, program profesi, dan program spesialis, yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi baik perguruan tinggi negeri (PTN) maupun perguruan tinggi swasta (PTS) berdasarkan kebudayaan bangsa Indonesia (UU Nomor 12, 2012). Waktu dan beban penyelenggaraan program pada pendidikan tinggi berbeda-beda, untuk program sarjana dan program diploma empat/sarjana terapan paling lama 7 tahun akademik dengan beban belajar mahasiswa paling sedikit 144 sks (Permendikbud No. 3, 2020). Kelulusan mahasiswa dapat diberikan predikat memuaskan, sangat memuaskan dan pujian yang dihitung berdasarkan nilai IPK yang diperoleh. Adapun kategori tingkat predikat kelulusan berdasarkan Permendikbud No. 3 (2020) yaitu predikat pujian (IPK 3,51 - 4,00), predikat sangat memuaskan (IPK 3,01 - 3,50), predikat memuaskan (IPK 2,76 - 3,00), dan IPK 2,00 - 2,75 tidak diberikan predikat.

Kota Baubau yang terletak di Pulau Buton dengan luas daerah 295,072 km² merupakan kota yang menjadi pusat pendidikan tinggi di Pulau Buton karena memiliki 8 lembaga perguruan tinggi, meskipun semuanya merupakan PTS dibandingkan dengan daerah di Pulau Buton lainnya (Badan Pusat Statistik Kota Baubau, 2021; <https://pddikti.kemdikbud.go.id>, 2021). PTS di Kota Baubau yang terbesar jumlah mahasiswanya yaitu Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Universitas Muhammadiyah Buton, dan Sekolah Tinggi Agama Islam Yayasan Pendidikan Islam Qaimuddin Baubau (<https://pddikti.kemdikbud.go.id>, 2021). Besarnya jumlah mahasiswa di suatu perguruan tinggi akan berbanding lurus dengan jumlah lulusan/ wisudawan tiap tahunnya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini difokuskan pada perguruan tinggi yang memiliki jumlah mahasiswa terbesar sehingga dapat merepresentasikan keadaan lulusan perguruan tinggi di Indonesia terkhusus di Kota Baubau.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi keadaan lulusan mahasiswa terutama pada tingkat predikat kelulusannya. Nusrang dkk. (2017) yang melakukan penelitian pada mahasiswa Universitas Negeri Makassar menyatakan bahwa faktor yang dapat mempengaruhi predikat kelulusan antara lain asal fakultas, jenis kelamin, status sekolah, asal daerah, pekerjaan bapak, dan pekerjaan ibu. Kecenderungan mahasiswa di masing-masing Fakultas Universitas Negeri Makassar memperoleh predikat sangat memuaskan, begitupula berdasarkan jenis kelamin didominasi oleh mahasiswa perempuan yang memperoleh predikat sangat memuaskan, dan mahasiswa Universitas Negeri Makassar dominan berasal dari Kota Makassar dimana paling banyak memperoleh predikat sangat memuaskan (Nusrang dkk., 2017). Begitupula Imaslihkah dkk. (2013) menyatakan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap predikat kelulusan mahasiswa S1 di ITS Surabaya adalah asal fakultas, jenis kelamin, jalur penerimaan, pekerjaan ayah, pekerjaan ibu dan pendapatan. Nilai *odds ratio* untuk mahasiswa fakultas MIPA ITS memiliki peluang lebih besar dibandingkan dengan fakultas lainnya dalam memperoleh predikat sangat memuaskan atau memperoleh nilai IPK diantara 2,76 - 3,50. Begitupula mahasiswa laki-laki memiliki peluang lebih besar dibandingkan mahasiswa perempuan dalam memperoleh predikat sangat memuaskan (Imaslihkah dkk., 2013). Sejalan dengan kedua penelitian tersebut, Baharin dkk. (2015) dan Adeoye dan Akpan (2018) mengelompokkan faktor-faktor tersebut menjadi empat antara lain faktor individu, faktor keluarga, faktor lingkungan dan faktor institusi yang berbentuk struktur hirarki (*hierarchica*).

Menurut Hox (1995) dalam Krismala dkk (2013), data yang berstruktur hirarki merupakan data yang timbul karena individu-individu terkumpul dalam kelompok-kelompok, dimana individu dalam kelompok yang sama memiliki karakteristik yang cenderung sama. Metode analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis hal ini adalah dengan pemodelan multilevel. Goldstein (2010) menyebutkan bahwa model multilevel dapat mengatasi berbagai masalah yang muncul dari data dengan struktur hirarki termasuk data pengukuran berulang. Secara umum struktur level yang digunakan tidak terbatas meskipun biasanya hanya dua yang digunakan yaitu level rendah atau level 1 dan level tinggi atau level 2. Selain dapat menentukan keragaman levelnya juga dapat menunjukkan korelasi antar dua individu yang pada model lain diasumsikan tidak ada (Goldstein, 2010). Tantular dkk (2009) yang melakukan penelitian regresi linier multilevel pada nilai ujian akhir

semester mata kuliah Analisis Statistika (STK511). Setiap individu yang diteliti dikelompokkan menurut program studinya, dan masing-masing program studi tersarang pada kelas-kelas perkuliahan yang diikuti sehingga membentuk struktur hirarki 3 level. Hasilnya menunjukkan bahwa struktur kelas (model level 3) tidak memiliki pengaruh sedangkan struktur program studi (model level 2) memiliki pengaruh terhadap nilai akhir ujian semester. Perbedaan karakter mahasiswa antar program studi tentu akan memiliki pengaruh terhadap pola belajar dari setiap individu mahasiswa dalam program studinya, sehingga efek program studi perlu diperhitungkan dalam analisisnya (Tantular dkk., 2009). Hal ini sejalan dengan Aprilia dkk. (2021) yang menjelaskan bahwa mahasiswa yang termasuk dalam program studi yang sama memiliki kemiripan karakteristik, sehingga mahasiswa dalam program studi dapat diasumsikan tidak saling bebas dan dianggap sebagai individu yang terkelompok ke dalam masing-masing program studi.

Pada penelitian ini, variabel respon yang digunakan adalah tingkat predikat kelulusan mahasiswa yang bersifat kategorik dan diukur dengan skala ordinal. Skala ordinal disebut juga skala peringkat dan biasanya memiliki lebih dari dua kategori atau peringkat. Apabila variabel responnya bersifat kategorik maka metode analisis yang digunakan adalah model regresi logistik, dimana parameternya dapat ditaksir menggunakan metode *maximum likelihood* karena distribusi dalam model regresi logistik telah diketahui. Penelitian tentang regresi logistik multilevel di berbagai bidang telah banyak dilakukan seperti penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono dan Harsanti (2020) menyatakan bahwa faktor jenis kelamin anak, pendidikan orang tua (ibu dan ayah), kekayaan rumah tangga, wilayah tempat tinggal (perkotaan atau pedesaan), tempat tinggal di daerah kumuh, dan jumlah anggota rumah tangga merupakan faktor risiko penting terjadinya kekurangan gizi (*stunting*) pada anak-anak. Sehingga perlunya intervensi terpadu untuk menurunkan angka *stunting* di Indonesia melalui pendekatan multilevel untuk mengatasi berbagai faktor dari masyarakat hingga tingkat individu. Sudrajad dkk (2020) yang meneliti perilaku *bullying* pada 250 siswa SMP Negeri di Surakarta dengan mengelompokkan sekolahnya (level-2). Perilaku *bullying* dapat meningkatkan depresi dan komunikasi siswa menjadi buruk dan dapat menurunkan prestasi akademik siswa. Sekolah (level-2) memiliki efek kontekstual yang kuat terhadap perasaan depresi siswa. Selanjutnya untuk penelitian tentang regresi logistik multilevel di bidang pendidikan seperti penelitian Tantular (2016) yang menjelaskan bahwa hanya variabel level rumah tangga

(faktor keluarga) yaitu pendidikan Ibu dan pendidikan Ayah untuk kategori perguruan tinggi dan variabel level kecamatan (faktor lingkungan) yaitu persentase petani yang tidak signifikan mempengaruhi tingkat pendidikan anak di Jawa Barat. Rahmah dkk. (2018) menjelaskan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pendidikan anak tertinggi secara signifikan antara lain pendidikan ibu, jumlah anggota rumah tangga, jumlah anggota rumah tangga yang tamat SMA dan status tempat tinggal berdasarkan hasil Survei Kehidupan Keluarga Indonesia yang tinggal di Kabupaten Bogor atau Kota Bogor. Variabel respon yang digunakan terbagi dalam 4 kategori: SD, SMP, SMA, dan Universitas dan variabel prediktor didefinisikan menjadi 2 level dimana level 1 memiliki 6 variabel prediktor dan level 2 memiliki 3 prediktor.

Ferrao dan Almeida (2018) yang meneliti ketekunan mahasiswa baru di *University of Minho* pada tahun akademik 2015/2016. Hasil yang diperoleh menjelaskan bahwa mahasiswa yang dinyatakan tidak gagal dalam pendidikan dasar (ISCED-2) memiliki *odds ratio* ketekunan 2,7 kali lebih tinggi daripada mahasiswa yang dinyatakan gagal. Selain itu, mahasiswa yang lebih tua dan mahasiswa laki-laki memiliki peluang ketekunan yang lebih rendah. Sabic dan Jokic (2019) memprediksi aspirasi siswa (14-15 tahun) untuk pendidikan tinggi sebelum transisi ke pendidikan menengah atas yang berbeda di Kroasia. Temuan yang diperoleh dari penelitiannya menunjukkan bahwa konteks sekolah tidak berkontribusi dalam menjelaskan aspirasi siswa untuk pendidikan tinggi. Karakteristik yang ditemukan dikatakan bahwa siswa yang berasal dari sekolah yang berbeda, kemungkinan besar akan memiliki aspirasi yang sama untuk pendidikan tinggi. Al-Balushi dan Islam (2020) menganalisis prediktor kinerja akademik yang diukur dengan nilai A, B, C dan D pada mahasiswa pascasarjana Universitas Sultan Qaboos (SQU), Oman. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat variasi multilevel yang nyata di antara nilai mahasiswa tersebut dan model regresi logistik multilevel lebih cocok dibandingkan model regresi logistik biasa. Model tersebut mengungkapkan bahwa usia mahasiswa, jenis kelamin, perguruan tinggi, dan wilayah tempat tinggal merupakan prediktor penting dari nilai mahasiswa di SQU. Peneliti menyarankan bahwa ketika struktur datanya hirarki sebaiknya menggunakan model multilevel.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap tingkat predikat kelulusan mahasiswa yang memiliki skala ordinal pada perguruan tinggi di Kota Baubau dengan menggunakan model regresi logistik

ordinal multilevel, dimana lulusan mahasiswa dalam program studi yang sama memiliki karakteristik yang cenderung sama dan dianggap sebagai individu yang tersarang ke dalam masing-masing program studinya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian maka rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana estimasi parameter pada model regresi logistik ordinal multilevel?
2. Bagaimana model regresi logistik ordinal multilevel dalam menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat predikat kelulusan mahasiswa perguruan tinggi di Kota Baubau?
3. Bagaimana keragaman yang dapat dijelaskan oleh level yang digunakan terhadap predikat kelulusan mahasiswa perguruan tinggi di Kota Baubau?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menimbulkan penafsiran yang lebih luas maka diberikan beberapa asumsi sebagai batasan masalah dari penelitian ini yaitu antara lain:

1. Perguruan tinggi yang diambil adalah tiga perguruan tinggi yang memiliki jenjang program studi D4/S1 dengan jumlah mahasiswa terbesar di Kota Baubau yaitu Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Universitas Muhammadiyah Buton, dan STAI YPIQ Baubau yang memiliki Sistem Informasi Akademik.
2. Tingkat predikat kelulusan mahasiswa didefinisikan menjadi 4 kategori yaitu lulus tanpa predikat (IPK 2,00 - 2,75), lulus dengan predikat memuaskan (IPK 2,76 - 3,00), lulus dengan predikat sangat memuaskan (IPK 3,01 - 3,50), dan lulus dengan predikat pujian (IPK 3,51 - 4,00).
3. Data yang digunakan adalah data kelulusan mahasiswa pada tahun 2020 dan tahun 2021 dengan program studi dari masing-masing lulusan digunakan sebagai kelompok pada level-2 dan lulusan mahasiswa sebagai individu pada level-1.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan maka tujuan penulisan penelitian ini antara lain:

1. Melakukan estimasi parameter pada model regresi logistik ordinal multilevel.

2. Menerapkan model regresi logistik ordinal multilevel dalam menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat predikat kelulusan mahasiswa perguruan tinggi di Kota Baubau.
3. Mengetahui keragaman yang dapat dijelaskan oleh level yang digunakan terhadap predikat kelulusan mahasiswa perguruan tinggi di Kota Baubau.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi pemahaman tentang penerapan model regresi logistik ordinal dengan pendekatan multilevel pada tingkat predikat kelulusan mahasiswa serta dapat memberi informasi kepada *stakeholder* perguruan tinggi maupun pemerintah dalam mengambil suatu kebijakan atau keputusan yang lebih baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Model Regresi

Model regresi merupakan suatu model matematis yang digunakan untuk melihat hubungan antara variabel respon dengan satu atau lebih variabel prediktor (Hosmer dkk, 2013). Hubungan yang menunjukkan hubungan yang linear antara variabel respon dan variabel prediktor disebut model regresi linear. Terdapat dua persamaan model dalam model regresi linear, yaitu regresi linear sederhana (*simple regression*) dan regresi linear berganda (*multiple regression*). Regresi linear sederhana merupakan model regresi yang hanya memiliki satu variabel prediktor, sedangkan, regresi linear berganda merupakan model regresi yang memiliki lebih dari satu variabel prediktor.

Secara umum, persamaan model regresi dituliskan sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_q X_{qi} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

dimana:

Y : variabel respon

X : variabel prediktor

ε : *error*

β_0 : konstanta

β_q : koefisien regresi (parameter) untuk masing-masing prediktor

i : banyaknya individu, $i = 1, 2, \dots, n$

q : banyaknya variabel prediktor, $q = 1, 2, \dots, k$

2.2. Model Regresi Multilevel

Model multilevel merupakan teknik yang digunakan untuk melakukan analisis data yang memiliki struktur hirarki. Data yang berstruktur hirarki merupakan data yang individu-individunya terkumpul dalam kelompok-kelompoknya dimana level yang lebih rendah tersarang pada level yang lebih tinggi dan banyaknya individu-individu dalam kelompok bisa saja sama atau berbeda untuk masing-masing kelompok. Data hirarki disebut juga data multilevel atau data bersarang (Tantular, 2016).

Menurut Hox (1995) dalam Krismala dkk (2013), jika data hirarki dianalisis dengan menggunakan model regresi linear, maka akan menimbulkan beberapa masalah, antara lain:

1. Jika analisis dilakukan pada level terendah, maka pengelompokan data terabaikan yang artinya model regresi dibentuk dari seluruh pengamatan level terendah sehingga model yang dihasilkan menjadi kurang baik karena akan terjadi multikolinearitas.
2. Jika analisis dilakukan pada level tertinggi, maka informasi di level terendah akan hilang yang mengakibatkan kekuatan dari pengujian statistik pada level ini akan berkurang karena banyaknya informasi hilang di level terendah.

Pada pemodelan multilevel terdapat sebanyak n individu yang berasal dari m kelompok. Misalkan $Y_{1j}, Y_{2j}, \dots, Y_{n_j}$ adalah variabel respon masing-masing n_j individu pada kelompok ke- j , $j = 1, 2, \dots, m$ dan jika $X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{kj}$ adalah variabel prediktor pada level 1 untuk kelompok ke- j , serta Z_1, Z_2, \dots, Z_l adalah variabel prediktor pada level 2, maka struktur pemodelan multilevel untuk 2-level dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Struktur Data Multilevel

Klp.	Observasi	Variabel Respon	Variabel Prediktor Level 1				Variabel Prediktor Level 2			
		Y	X_1	X_2	...	X_k	Z_1	Z_2	...	Z_l
1	1	y_{11}	x_{111}	x_{211}	...	x_{k11}	Z_{11}	Z_{21}	...	Z_{l1}
	2	y_{21}	x_{121}	x_{221}		x_{k21}				
	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮				
	i	y_{i1}	x_{1i1}	x_{2i1}		x_{ki1}				
	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮				
	n_j	y_{n_j1}	x_{1n_j1}	x_{2n_j1}		x_{kn_j1}				
2	1	y_{12}	x_{112}	x_{212}	...	x_{k12}	Z_{12}	Z_{22}	...	Z_{l2}
	2	y_{22}	x_{122}	x_{222}		x_{k22}				
	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮				
	i	y_{i2}	x_{1i2}	x_{2i2}		x_{ki2}				
	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮				
	n_j	y_{n_j2}	x_{1n_j2}	x_{2n_j2}		x_{kn_j2}				
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
m	1	y_{1m}	x_{11m}	x_{21m}	...	x_{k1m}	Z_{1m}	Z_{2m}	...	Z_{lm}
	2	y_{2m}	x_{12m}	x_{22m}		x_{k2m}				
	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮				
	i	y_{im}	x_{1im}	x_{2im}		x_{kim}				
	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮				
	n_j	y_{n_jm}	x_{1n_jm}	x_{2n_jm}		x_{kn_jm}				

2.2.1. Model Level Satu

Definisi model level-1 adalah model yang disusun tanpa memperhitungkan pengaruh dari level kelompok. Pemodelan multilevel untuk tiap kelompok dapat ditulis sebagai berikut (Zulvia, 2017):

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ij} + \beta_{2j}X_{2ij} + \dots + \beta_{kj}X_{kij} + \varepsilon_{ij} \\ &= \beta_{0j} + \sum_{q=1}^k \beta_{qj}X_{qij} + \varepsilon_{ij} \end{aligned} \quad (2.2)$$

dengan $q = 1, 2, \dots, k$, individu ke $i = 1, 2, \dots, n_j$ dan kelompok ke $j = 1, 2, \dots, m$ atau dapat dinyatakan dalam bentuk matriks seperti Persamaan (2.3).

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_j &= \mathbf{X}_j \boldsymbol{\beta}_j + \boldsymbol{\varepsilon}_j, \text{ dengan } \boldsymbol{\varepsilon}_j \sim N(0, \sigma^2 I) \\ \begin{bmatrix} y_{1j} \\ y_{2j} \\ \vdots \\ y_{n_j j} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & x_{11j} & x_{21j} & \dots & x_{k1j} \\ 1 & x_{12j} & x_{22j} & \dots & x_{k2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{kn_j j} & x_{kn_j j} & \dots & x_{kn_j j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{0j} \\ \beta_{1j} \\ \vdots \\ \beta_{kj} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1j} \\ \varepsilon_{2j} \\ \vdots \\ \varepsilon_{n_j j} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.3)$$

dengan:

\mathbf{y}_j : vektor variabel respon

\mathbf{X}_j : matriks variabel prediktor untuk parameter tetap

$\boldsymbol{\beta}_j$: vektor parameter efek tetap

$\boldsymbol{\varepsilon}_j$: vektor galat

2.2.2. Model Level Dua

Koefisien regresi pada level satu, β_{0j} dalam model level-1 memiliki nilai yang berbeda antar kelompok. Variasi nilai β_{0j} akan dijelaskan dengan membentuk model level 2. Pembentukan model level 2 dilakukan untuk setiap koefisien regresi sebagai respon ke l dengan menggunakan variabel prediktor pada level dua. Bentuk pemodelan multilevel untuk 2-level dapat ditulis sebagai berikut (Zulvia, 2017):

$$\begin{aligned} \beta_{0j} &= \gamma_{00} + \gamma_{10}Z_{1j} + \gamma_{20}Z_{2j} + \dots + \gamma_{l0}Z_{lj} + u_{0j} \\ &= \gamma_{00} + \sum_{l=1}^M \gamma_{l0}Z_{lj} + u_{0j} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Jika Persamaan (2.2) disubstitusikan pada Persamaan (2.4) maka diperoleh model gabungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \beta_{0j} + \sum_{q=1}^k \beta_{qj}X_{qij} + \varepsilon_{ij} \\ &= \gamma_{00} + \sum_{l=1}^M \gamma_{l0}Z_{lj} + u_{0j} + \sum_{q=1}^k \beta_{qj}X_{qij} + \varepsilon_{ij} \end{aligned} \quad (2.5)$$

dengan:

- y_{ij} : variabel respon pengamatan ke- i dalam unit ke- j
- γ_{00} : intersep rata-rata keseluruhan pada peubah y
- γ_{l0} : efek tetap untuk variabel prediktor ke- l pada level-2
- Z_{lj} : variabel prediktor ke- l di level-1 untuk pengamatan ke- i
- u_{0j} : galat untuk unit ke- j pada level-2
- β_q : efek tetap untuk variabel prediktor ke- q pada level-1
- X_{qij} : variabel prediktor ke- q di level 1 untuk pengamatan ke- i dalam unit ke- j
- ε_{ij} : galat untuk pengamatan ke- i dalam unit ke- j
- l : banyaknya kategori ($l = 1, 2, \dots, M$) pada variabel prediktor level-2
- q : banyaknya kategori ($q = 1, 2, \dots, k$) pada variabel prediktor level-1
- j : banyaknya grup ($j = 1, 2, \dots, m$) dari level-2

2.3. Model Regresi Logistik Ordinal

Model regresi logistik merupakan suatu model matematis yang digunakan untuk mencari hubungan variabel respon yang bersifat *dichotomous* (memiliki dua kategori dengan skala nominal maupun skala ordinal) atau *polychotomous* (memiliki lebih dari dua kategori dengan skala nominal maupun skala ordinal) dengan satu atau lebih variabel prediktor yang bersifat kontinu atau kategorik (Agresti, 2019). Misalkan model yang dapat dipakai untuk regresi logistik ordinal adalah model logit. Model logit tersebut adalah model logit kumulatif, dan peluang kumulatif $P(Y \leq c|x_i)$ didefinisikan sebagai berikut (Agresti, 2019):

$$P(Y \leq c|x_i) = \pi_c(x_i) = \frac{\exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} \quad (2.6)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$ dan $\pi(x_i)$ adalah peluang kejadian.

Pada Persamaan (2.6) diketahui bahwa $\pi_k(x_i)$ merupakan fungsi yang non linier, sehingga dilakukan transformasi ke dalam bentuk logit untuk memperoleh fungsi yang linier agar dapat dilihat hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor dengan menggunakan transformasi logit dari $P(Y \leq c|x_i)$:

$$\begin{aligned} \text{logit } P(Y \leq c|x_i) &= g_c(x_i) = \ln \left[\frac{P(Y \leq c|x_i)}{P(Y > c|x_i)} \right] \\ &= \ln \left[\frac{P(Y \leq c|x_i)}{1 - P(Y \leq c|x_i)} \right] \\ &= \ln \left[\frac{\frac{\exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}}{1 - \frac{\exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{logit } P(Y \leq c|x_i) &= \ln \left[\frac{\frac{\exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}}{\frac{1 + \exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} - \frac{\exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}} \right] \\
&= \ln \left(\exp \left(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi} \right) \right) \\
&= \beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi} \tag{2.7}
\end{aligned}$$

dimana:

$g_c(x_i)$: bentuk logit dari $\pi_c(x_i)$.

β_{0c} : konstanta (intersep) kategori respon ke- $c = (1, 2, \dots, C - 1)$.

C : banyaknya kategori pada variabel respon.

β_q : parameter koefisien prediktor ke- $q = (1, 2, \dots, k)$.

x_{qi} : nilai pengamatan ke- $i = (1, 2, \dots, n)$ variabel prediktor ke- $q = (1, 2, \dots, k)$.

q : banyaknya variabel prediktor.

Jika variabel respon terdiri dari 4 kategori, maka model logit regresi logistik ordinal yang terbentuk berdasarkan Persamaan (2.7) adalah sebagai berikut:

$$g_1(x_i) = \beta_{01} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi} \tag{2.8}$$

$$g_2(x_i) = \beta_{02} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi} \tag{2.9}$$

$$g_3(x_i) = \beta_{03} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi} \tag{2.10}$$

Fungsi peluang masing-masing kategori respon ke- c adalah sebagai berikut:

$$g_c(x_i) = \frac{\exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{0c} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} - \frac{\exp(\beta_{0c-1} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{0c-1} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} \tag{2.11}$$

Sehingga nilai peluang untuk keempat kategori respon pada Persamaan (2.8), (2.9) dan (2.10) berdasarkan Persamaan (2.11) dapat dihitung sebagai berikut:

$$g_1(x_i) = \frac{\exp(\beta_{01} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{01} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} \tag{2.12}$$

$$g_2(x_i) = \frac{\exp(\beta_{02} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{02} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} - \frac{\exp(\beta_{01} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{01} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} \tag{2.13}$$

$$g_3(x_i) = \frac{\exp(\beta_{03} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{03} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} - \frac{\exp(\beta_{02} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{02} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} \tag{2.14}$$

$$g_4(x_i) = 1 - \frac{\exp(\beta_{03} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})}{1 + \exp(\beta_{03} + \sum_{q=1}^k \beta_q x_{qi})} \tag{2.15}$$

2.4. Model Regresi Logistik Ordinal Multilevel

Data yang berstruktur hirarki dengan variabel respon ordinal dapat dimodelkan menggunakan regresi logistik ordinal multilevel. Model multilevel untuk 2-level dikelompokkan menjadi 2 yaitu model 2-level dengan *random intercept* dan model 2-level dengan *random slope*. Model 2-level dengan *random intercept* merupakan model *intercept* yang dimodelkan sebagai *random effect* dari variabel pada level dua dengan asumsi bahwa setiap kelompok memiliki *intercept* yang berbeda-beda (tidak *fixed* seperti regresi biasa), namun memiliki kemiringan atau *slope* yang sama sehingga pengaruh setiap variabel prediktor terhadap variabel respon sama untuk tiap-tiap kelompok (Aliyudin dan Budyanra, 2016).

Misalkan Z_1, Z_2, \dots, Z_l adalah variabel prediktor pada efek acak level dua, maka model logit kumulatif untuk peluang kumulatif $P(Y \leq c | x_i, z_i)$ pada regresi logistik multilevel dengan respon ordinal c dapat dibentuk berdasarkan Persamaan (2.5) dan Persamaan (2.7) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(Y \leq c | x_i, z_i) &= g_c(x_i, z_i) = \ln \left[\frac{P(Y \leq c | x_i, z_i)}{P(Y > c | x_i, z_i)} \right] \\ g_c(x_i, z_i) &= \gamma_c + \sum_{l=1}^M \alpha_l Z_{lj} + u_{0j} + \sum_{q=1}^k \beta_q X_{qij} + \varepsilon_{ij} \end{aligned} \quad (2.16)$$

dimana γ_c merupakan konstanta (intersep) untuk kategori respon ke- c pada level-2 yang tersarang dalam variabel prediktor pada level-1.

Secara runtut menurut Rahmah dkk. (2018) tahapan analisis regresi logistik ordinal multilevel antara lain pengujian signifikansi parameter secara parsial, pengujian signifikansi parameter secara simultan, pengujian kelayakan model, evaluasi klasifikasi dan interpretasi parameter.

2.4.1. Pengujian Parameter Secara Simultan

Uji simultan merupakan cara mengetahui apakah variabel prediktor dalam model secara simultan (bersama-sama) berpengaruh signifikan (nyata) atau tidak. Uji rasio *likelihood* dapat digunakan dalam uji simultan karena uji ini melihat apakah model tanpa variabel prediktor (hanya konstanta) signifikan lebih baik dari model dengan variabel prediktor (Hosmer dkk, 2013). Berikut hipotesis dari uji *Likelihood Ratio Test* (LRTs):

Hipotesis:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0, \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji:

$$G = -2\ln\left(\frac{L_0}{L_p}\right) \quad (2.17)$$

dengan:

L_0 = nilai *likelihood* tanpa variabel prediktor

L_p = nilai *likelihood* dengan p variabel prediktor

Kriteria uji: tolak H_0 jika nilai $G_{hit} > \chi_{\alpha,p}^2$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

2.4.2. Pengujian Parameter Secara Parsial

Uji parsial merupakan cara untuk mengetahui variabel-variabel prediktor mana (secara individu) yang memiliki peranan atau hubungan yang lebih kuat terhadap variabel respon. Uji Wald dapat digunakan untuk uji ini (Hosmer dkk, 2013). Berikut hipotesis dari uji Wald:

Hipotesis:

$H_0 : \beta_j = 0$

$H_1 : \beta_j \neq 0$, dengan $j = 1, 2, \dots, p$

Statistik uji:

$$W_j = \left[\frac{\hat{\beta}_j}{\widehat{SE}(\hat{\beta}_j)} \right]^2 \quad (2.18)$$

dengan:

$\hat{\beta}_j$ = estimator dari β_j

$\widehat{SE}(\hat{\beta}_j)$ = simpangan baku dari β_j

Kriteria uji: tolak H_0 jika nilai $|W_j| > \chi_{(\alpha,1)}^2$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

2.4.3. Pengujian Kelayakan Model

Pengujian kelayakan model dilakukan dengan tujuan untuk menguji model regresi logistik yang dihasilkan secara simultan sudah layak atau tidak layak. Suatu model dikatakan layak sempurna ketika nilai pengamatan dan prediksi sama untuk semua pengamatan. Selanjutnya, nilai pengamatan dan estimasi dapat dihitung dengan menggunakan uji *Deviance* (Agresti, 2019). Hipotesisnya adalah sebagai berikut:

Hipotesis:

H_0 : Model layak (tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil pengamatan dengan kemungkinan hasil prediksi model)

H_1 : Model tidak layak (ada perbedaan yang signifikan antara hasil pengamatan dengan kemungkinan hasil prediksi model)

Statistik uji:

$$D = -2 \sum_{i=1}^n \left[y_i \ln \left(\frac{\hat{\pi}_i}{y_i} \right) + (1 - y_i) \ln \left(\frac{1 - \hat{\pi}_i}{1 - y_i} \right) \right] \quad (2.19)$$

Kriteria uji: tolak H_0 jika nilai $D_{hit} > \chi_{\alpha, (n-p)}^2$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

2.4.4. Evaluasi Klasifikasi

Evaluasi klasifikasi adalah suatu evaluasi untuk melihat peluang kesalahan klasifikasi (*misclassification*) yang dilakukan oleh suatu fungsi klasifikasi, dimana fungsi klasifikasi yang baik ditentukan dengan nilai misklasifikasi yang kecil. Nilai misklasifikasi dihitung berdasarkan tingkat *error* atau probabilitas kesalahan fungsi klasifikasi. Ukuran yang dapat digunakan untuk menentukan misklasifikasi ini adalah nilai *Apparent Error Rate* (APER) yang menyatakan fraksi atau proporsi sampel yang salah diklasifikasikan oleh fungsi klasifikasi (Johnson dan Wichern, 2014).

Penentuan kesalahan fungsi klasifikasi dapat diketahui dengan cara membuat tabel klasifikasi antara keanggotaan *actual* dan keanggotaan *predicted* yang diperoleh dari fungsi klasifikasi regresi logistik *dichotomous* seperti pada Tabel 2.2 (Johnson dan Wichern, 2014).

Tabel 2.2. Tabel Evaluasi Klasifikasi

Keanggotaan <i>Actual</i>	Keanggotaan <i>Predicted</i>		Total
	$\hat{\pi}_1$	$\hat{\pi}_2$	
π_1	n_{11}	n_{12}	<i>A</i>
π_2	n_{21}	n_{22}	<i>B</i>
Total	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>

Sumber: Johnson dan Wichern (2014)

Keterangan:

n_{11} = jumlah y_i dari π_1 yang tepat diklasifikasikan sebagai $\hat{\pi}_1$

n_{12} = jumlah y_i dari π_1 yang tepat diklasifikasikan sebagai $\hat{\pi}_2$

n_{21} = jumlah y_i dari π_2 yang tepat diklasifikasikan sebagai $\hat{\pi}_1$

n_{22} = jumlah y_i dari π_2 yang tepat diklasifikasikan sebagai $\hat{\pi}_2$

A = jumlah y_i yang ada pada π_1

B = jumlah y_i yang ada pada π_2

C = jumlah y_i yang diklasifikasikan sebagai pada $\hat{\pi}_1$

D = jumlah y_i yang diklasifikasikan sebagai pada $\hat{\pi}_2$

E = jumlah keseluruhan pengamatan

Selanjutnya digunakan persamaan tingkat akurasi atau ketepatan klasifikasi keseluruhan berikut:

$$Akurasi = \frac{n_{11}+n_{22}}{E} \quad (2.20)$$

Kemudian untuk mendapatkan nilai kesalahan klasifikasi digunakan persamaan berikut:

$$APER = \frac{n_{12}+n_{21}}{E} \text{ atau } APER = 1 - Akurasi \quad (2.21)$$

Suatu metode klasifikasi dikatakan memiliki tingkat akurasi yang baik jika mempunyai nilai APER yang kecil atau tingkat akurasi yang tinggi.

2.4.5. Interpretasi Parameter

Interpretasi parameter bertujuan untuk menentukan hubungan fungsional antara variabel prediktor dan variabel respon serta menjelaskan perubahan variabel respon yang disebabkan oleh variabel prediktor (Agresti, 2019). Untuk melakukannya digunakan nilai *odds ratio* (θ). Menurut Agresti (2019), nilai *odds* sukses untuk peluang sukses (π) ditentukan dengan:

$$odds = \frac{\pi}{1-\pi} \quad (2.22)$$

Dalam tabel kontingensi 2x2 pada Tabel 2.3, diketahui bahwa dalam baris i , peluang suksesnya adalah $odds_i = \pi_i/(1 - \pi_i)$. Rasio kemungkinan $odds_1$ dan $odds_2$ disebut dengan *odds ratio* seperti berikut (Agresti, 2019):

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{odds_1}{odds_2} \\ &= \frac{\pi_1/(1-\pi_1)}{\pi_2/(1-\pi_2)} \end{aligned} \quad (2.23)$$

Tabel 2.3. Tabel Kontingensi Rasio Odds

Baris	Kolom		Total
	1	2	
1	π_{11}	π_{12}	π_{1i}
2	π_{21}	π_{22}	π_{2i}
Total	π_{i1}	π_{i2}	1

Sumber: Agresti (2019)

Sedangkan nilai *odds* dari distribusi peluang bersama dalam baris ke- i adalah $odds_i = \pi_{1i}/\pi_{2i}$ dengan $i = 1,2$. Sehingga persamaan *odds rasionya* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{odds_1}{odds_2} \\ &= \frac{\pi_{11}/\pi_{12}}{\pi_{21}/\pi_{22}} = \frac{\pi_{11}/\pi_{22}}{\pi_{12}/\pi_{21}} \end{aligned} \quad (2.24)$$

Sifat-sifat rasio *odds* antara lain sebagai berikut:

1. Rasio *odds*, $OR = 1$ mengindikasikan bahwa peluang kejadian yang terjadi pada kedua grup adalah sama.
2. Rasio *odds*, $OR > 1$ mengindikasikan bahwa peluang kejadian yang terjadi pada grup pertama lebih besar daripada grup kedua.
3. Rasio *odds*, $OR < 1$ mengindikasikan bahwa peluang kejadian yang terjadi pada grup pertama lebih kecil daripada grup kedua.
4. Rasio *odds* harus lebih besar dari atau sama dengan 0 atau $OR \geq 0$.
5. Rasio *odds* harus mendekati nol jika *odds* dari grup pertama mendekati nol.
6. Rasio *odds* akan mendekati positif tak terhingga jika *odds* dari grup kedua mendekati nol.

2.5. Metode *Maximum Likelihood*

Maximum likelihood merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam mengestimasi parameter model regresi logistik. Pada metode ini nilai estimasi yang digunakan adalah nilai estimasi yang memberikan nilai fungsi *likelihood* yang paling besar (Sutrisno, 2020). Metode *maximum likelihood* mengestimasi koefisien β dengan cara memaksimalkan fungsi *likelihood* dan mensyaratkan bahwa data harus mengikuti suatu distribusi tertentu. Pada regresi logistik biner setiap pengamatan mengikuti distribusi Multinomial. Fungsi kepadatan peluang dari distribusi Multinomial seperti berikut:

$$f(y_i) = f(k, n, \pi) = f(Y_{i1} = y_{i1}, Y_{i2} = y_{i2}, \dots, Y_{i,q-1} = y_{i,q-1}; n, \pi) \quad (2.25)$$

dengan

$$y_{iq} = 1 - y_{i1} - y_{i2} - \dots - y_{i,q-1}$$

$$\pi_q = 1 - \pi_1 - \pi_2 - \dots - \pi_{q-1}$$

Fungsi *likelihood* dari Persamaan (2.25) didefinisikan pada Persamaan (2.26).

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n f(y_i) \quad (2.26)$$

Secara umum, Persamaan (2.26) tidak dapat diselesaikan, sehingga diperlukan suatu metode dengan prosedur iterasi numerik. Salah satu metode tersebut adalah dengan metode *Newton-Raphson*.

Fungsi *likelihood* pada Persamaan (2.26) lebih mudah dimaksimumkan dalam bentuk *logaritma natural* (\ln) dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = \ln[L(\boldsymbol{\beta})] = \ln \left[\prod_{i=1}^n f(y_i) \right] \quad (2.27)$$

Nilai $\boldsymbol{\beta}$ maksimum didapatkan melalui turunan L terhadap $\boldsymbol{\beta}$ dan hasilnya adalah sama dengan nol seperti berikut:

$$\frac{\partial L}{\partial \boldsymbol{\beta}} = 0 = \mathbf{g}(\boldsymbol{\beta}) \quad (2.28)$$

Persamaan (2.28) merupakan vektor gradien dari L , sehingga

$$\mathbf{g}(\boldsymbol{\beta}) = \frac{\partial L}{\partial \boldsymbol{\beta}^T} = 0 \quad (2.29)$$

Estimasi varians dan kovarians dikembangkan melalui teori MLE dari koefisien parameternya (Hosmer dkk, 2013). Teori tersebut menyatakan bahwa estimasi varian kovarians dari metode *Newton-Raphson* didapatkan melalui turunan kedua L , yaitu matriks Hessian dari $\boldsymbol{\beta}$. Sehingga turunan kedua terhadap $\boldsymbol{\beta}$ sebagai berikut:

$$\frac{\partial L}{\partial \boldsymbol{\beta}^T \boldsymbol{\beta}} = \mathbf{H}(\boldsymbol{\beta}) \quad (2.30)$$

$$\mathbf{H}(\boldsymbol{\beta}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_0^2} & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_0 \boldsymbol{\beta}_1} & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_0 \boldsymbol{\beta}_2} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_0 \boldsymbol{\beta}_p} \\ & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_1^2} & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_1 \boldsymbol{\beta}_2} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_1 \boldsymbol{\beta}_p} \\ & & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_2 \boldsymbol{\beta}_p} \\ & \vdots & & \ddots & \vdots \\ \text{simetris} & & & \dots & \frac{\partial^2 \ln L}{\partial \boldsymbol{\beta}_p^2} \end{bmatrix}$$

Metode MLE memerlukan nilai awal yang baik untuk parameter-parameternya. Selanjutnya dilakukan perhitungan iterasi menggunakan *Newton Raphson*.

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{(m+1)} = \widehat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)} - (\mathbf{H}(\boldsymbol{\beta}))^{-1} \mathbf{g}(\boldsymbol{\beta}) \quad (2.31)$$

Iterasi berhenti jika $\|\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{(m+1)} - \widehat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}\| < \varepsilon$, dimana ε merupakan bilangan positif yang sangat kecil.

2.6. Predikat Kelulusan Mahasiswa

Setelah memenuhi seluruh persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan pada tingkatan perguruan tinggi baik program diploma, sarjana, maupun program pascasarjana, maka peserta didik atau mahasiswa akan mendapat gelar sesuai

dengan program yang ditempuhnya. Juga pada saat dinyatakan lulus, akan diberi predikat kelulusan.

Predikat kelulusan dapat diberikan sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan oleh pemerintah, dalam hal ini kementerian pendidikan dan kebudayaan Republik Indonesia. Berdasarkan Permendikbud No. 3 tahun 2020, mahasiswa program diploma dan program sarjana dinyatakan lulus apabila telah menempuh seluruh beban belajar yang ditetapkan dan memiliki capaian pembelajaran lulusan yang ditargetkan oleh Program Studi dengan Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) lebih besar atau sama dengan 2,00 (dua koma nol nol), sedangkan mahasiswa program profesi, program spesialis, program magister, program magister terapan, program doktor, dan program doktor terapan dinyatakan lulus apabila nilai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) lebih besar atau sama dengan 3,00 (tiga koma nol nol). Jadi persyaratan untuk lulus adalah dengan $IPK \geq 2,00$ untuk program diploma/sarjana dan $IPK \geq 3,00$ program di atasnya.

Peraturan tersebut juga menjelaskan kriteri pemberian predikat kelulusan mahasiswa, misalnya untuk program diploma/sarjana kriterianya adalah sebagai berikut:

- a) mahasiswa dinyatakan lulus dengan predikat memuaskan apabila mencapai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) 2,76 (dua koma tujuh enam) sampai dengan 3,00 (tiga koma nol nol);
- b) mahasiswa dinyatakan lulus dengan predikat sangat memuaskan apabila mencapai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) 3,01 (tiga koma nol satu) sampai dengan 3,50 (tiga koma lima nol); atau
- c) mahasiswa dinyatakan lulus dengan predikat pujian apabila mencapai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) lebih dari 3,50 (tiga koma nol).

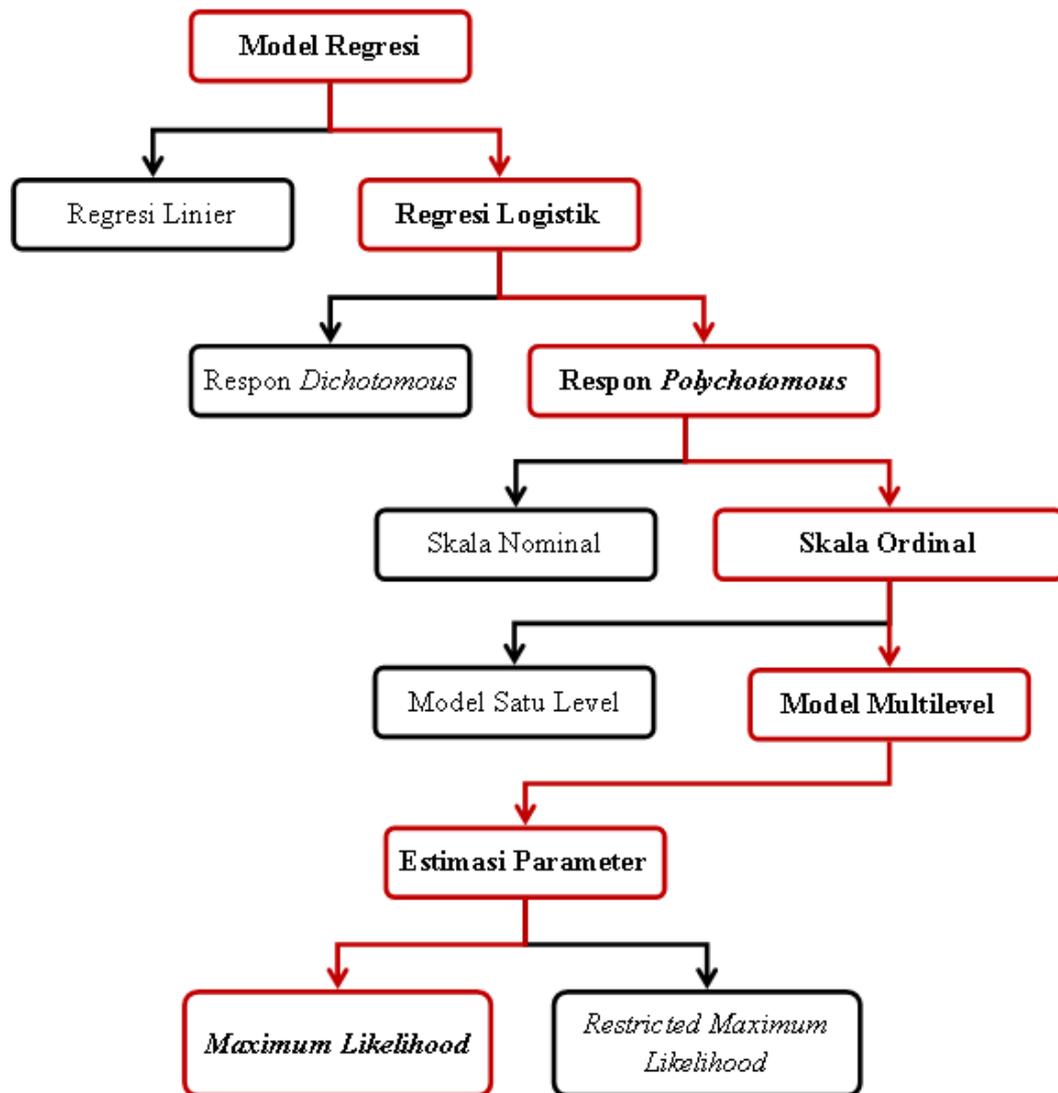
Sedangkan kriteria predikat kelulusan mahasiswa pada program profesi, program spesialis, program magister, program magister terapan, program doktor, dan program doktor adalah sebagai berikut:

- a) mahasiswa dinyatakan lulus dengan predikat memuaskan apabila mencapai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) 3,00 (tiga koma nol nol) sampai dengan 3,50 (tiga koma lima nol);
- b) mahasiswa dinyatakan lulus dengan predikat sangat memuaskan apabila mencapai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) 3,51 (tiga koma lima satu) sampai dengan 3,75 (tiga koma tujuh lima); atau

- c) mahasiswa dinyatakan lulus dengan predikat pujian apabila mencapai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) lebih dari 3,75 (tiga koma tujuh lima).

2.7. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual penelitian adalah kaitan atau hubungan antara konsep satu dengan konsep yang lainnya dari masalah yang ingin diteliti. Kerangka konsep diperoleh dari konsep ilmu/teori yang dipakai sebagai landasan penelitian. Adapun gambaran kerangka konseptual dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Kerangka Konseptual Penelitian