Jurnal Statistika dan Aplikasinya Volume 7 Issue 2, December 2023 e-ISSN: 2620-8369

Received: 30 October 2023
Revised: 17 December 2023
Accepted: 30 December 2023
Published: 31 December 2023

Regresi Logistik Ordinal untuk Memodelkan Predikat Lulusan Perguran Tinggi

Orvanita[1, a)], M. Fathurahman[1, b)], Darnah[1, c)]

[1]*Program Studi Statistika, Jurusan Matematika FMIPA Universitas Mulawarman*

Email: [a)]orvanitaorva@gmail.com, [b)]fathur@fmipa.unmul.ac.id, [c)]darnah.98@gmail.com

Abstract

Logistic regression is an alternative model that can model the relationship between a categorical response variable and one or more categorical, continuous predictor variables, or a combination of categorical and continuous predictor variables. Based on the number of categories in the response variable, the logistic regression model consists of a dichotomous logistic regression model and a polychotomous regression model. The dichotomous logistic regression model is a logistic regression model that has two categories in the response variable and has a Bernoulli distribution. In comparison, the polychotomous logistic regression model is a logistic regression model that has three or more categories and a multinomial distribution. The polychotomous logistic regression model is divided into two models, namely the multinomial logistic regression model and ordinal logistic regression. This research aims to examine ordinal logistic regression modeling and its application to the predicate of graduates of the undergraduate program at the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Mulawarman University (FMIPA UNMUL) for the 2020 graduation period. The results of the research show that the factors that have a significant influence on the predicate of graduates of the FMIPA UNMUL undergraduate program are gender and admission route. Female graduates of the FMIPA UNMUL undergraduate program have a greater chance of achieving satisfactory and very satisfactory predicates compared to achieving a cum laude predicate. Graduates of the FMIPA UNMUL undergraduate program who are accepted through the SMMPTN admission route have a lower chance of achieving satisfactory and very satisfactory predicates compared to achieving a cum laude predicate.

Keywords: Ordinal Logistic Regression, Graduates Predicate, Undergraduate Program, FMIPA UNMUL.

Abstrak

Regresi logistik merupakan suatu model regresi alternatif yang dapat digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon kategorik dan satu atau lebih variabel prediktor kategorik, kontinu, atau gabungan antara variabel prediktor kategorik dan kontinu. Berdasarkan banyaknya kategori pada variabel respon, model regresi logistik terdiri atas model regresi logistik dikotomus dan model regresi polikotomus. Model regresi logistik dikotomus adalah model regresi logistik yang mempunyai dua kategori pada variabel respon dan berdistribusi Bernoulli sedangkan model regresi logistik polikotomus adalah model regresi logistik yang mempunyai tiga kategori atau lebih dan berdistribusi multinomial. Model regresi logistik polikotomus terbagi menjadi dua model yaitu model regresi logistik multinomial dan regresi logistik ordinal. Penelitian ini bertujuan mendapatkan model regresi logistik ordinal dan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman (FMIPA UNMUL) periode wisuda tahun 2020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL berdasarkan model regresi logistik ordinal adalah jenis kelamin dan jalur penerimaan. Lulusan perempuan memiliki peluang yang besar meraih predikat memuaskan dan sangat memuaskan dibanding predikat dengan pujian. Lulusan yang diterima melalui jalur penerimaan Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN) memiliki peluang yang kecil meraih predikat lulusan memuaskan dan sangat memuaskan dibanding meraih predikat dengan pujian.

Kata-kata kunci: Regresi Logistik Ordinal, Predikat Lulusan, Program Sarjana, FMIPA UNMUL.

PENDAHULUAN

Analisis regresi merupakan suatu metode dalam pemodelan statistika yang bertujuan untuk memodelkan dan menjelaskan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor serta untuk memprediksi variabel respon (Kutner, et al., 2004). Analisis regresi terdiri atas analisis regresi linier dan nonlinier. Regresi logistik merupakan model regresi yang termasuk dalam analisis regresi nonlinier dan salah satu model regresi logistik adalah regresi logistik ordinal. Regresi logistik ordinal merupakan model regresi logistik yang dapat digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon kategorik yang memiliki tiga atau lebih kategori berskala ordinal dan satu atau lebih variabel prediktor kategorik, kontinu, atau gabungan antara keduanya (Hosmer, et al., 2013).

Regresi logistik ordinal dalam penelitian ini diterapkan pada pemodelan predikat lulusan program sarjana di FMIPA UNMUL Samarinda, Kalimantan Timur. Predikat lulusan program sarjana di suatu perguruan tinggi merupakan suatu data kategorik berskala ordinal yang dapat digunakan sebagai variabel respon pada model regresi logistik ordinal. Setiap perguruan tinggi memiliki kewajiban untuk menghasilkan lulusan yang bermutu dan juga dituntut untuk menjamin mutu lulusan, dimana mutu ini dimaksudkan bahwa lulusan perguruan tinggi dapat langsung dimanfaatkan oleh *stakeholders* (Talakua, et al., 2019).

Penelitian yang membahas pemodelan predikat lulusan program sarjana menggunakan regresi logistik ordinal telah dilakukan oleh (Adejumo & Adetunji, 2013) yang menerapkan model regresi logistik ordinal untuk memodelkan faktor-faktor yang memengaruhi kemampuan akademik mahasiswa di Universitas Ilorin, Nigeria. (Imaslihkah, et al., 2013) memodelkan faktor-faktor yang memengaruhi predikat lulusan program sarjana di ITS Surabaya. Faktor-faktor yang diduga memengaruhi predikat lulusan yang digunakan sebagai variabel prediktor adalah fakultas, jenis kelamin, asal daerah, jalur masuk ITS, status SMA, pekerjaan ayah, pekerjaan ibu, dan pendapatan orang tua. Berdasarkan model regresi logistik ordinal, faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana di ITS Surabaya adalah fakultas, jenis kelamin, jalur penerimaan, pekerjaan ayah. (Zakariyah & Zain, 2015) memodelkan prestasi belajar lulusan mahasiswa di ITS Surabaya berbasis Satuan Kegiatan Ekstrakurikuler Kemahasiswaan (SKEM) menggunakan regresi logistic ordinal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap prestasi belajar lulusan program sarjana di ITS berbasis SKEM adalah fakultas, kegiatan organisasi, dan prestasi. (Talakua, et al., 2019) menganalisis faktor-faktor yang dapat memengaruhi waktu kelulusan program sarjana di FMIPA Universitas Pattimura dengan regresi logistik ordinal dan diperoleh faktor yang signifikan memengaruhi waktu kelulusan program sarjana adalah faktor internal jurusan. (Setyawati, et al., 2020) melakukan pemodelan faktor-faktor yang memengaruhi Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) mahasiswa Program Studi Pendidikan

Matematika, Universitas Pendidikan Mandalika Mataram. Hasil penelitian menyebutkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap IPK mahasiswa adalah jurusan SMA dan asal daerah mahasiswa. (Rian & Hafiyusholeh, 2021) mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap tingkat kepuasan mahasiswa pada pemilihan Program Studi Matematika UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan model regresi logistik ordinal adalah fasilitas pendidikan dan minat bakat.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah diuraikan dan untuk memberikan kontribusi terhadap peningkatan mutu lulusan program sarjana FMIPA UNMUL, maka dilakukan penelitian dengan tujuan: mendapatkan model regresi logistik ordinal dan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL.

METODOLOGI

Bahan dan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Bagian Akademik FMIPA UNMUL. Data yang dikumpulkan terdiri atas predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL periode wisuda tahun 2020 sebagai variabel respon. Sementara itu, data yang digunakan untuk variabel prediktor adalah program studi, jenis kelamin, usia, asal daerah, jalur penerimaan, dan status SMA/SMK. Variabel respon dan prediktor yang digunakan sebagai variabel penelitian disajikan pada TABEL 1. Adapun *software* yang digunakan untuk pengolahan dan analisis data adalah *software* R dengan mengacu pada (Liang, et al., 2020).

TABEL 1. Variabel Penelitian

Variabel	Nama Variabel	Skala Pengukuran Variabel
Y	Predikat lulusan, dengan kategori: 1 = Cukup 2 = Memuaskan 3 = Sangat memuaskan 4 = Dengan pujian (cumlaude)	Ordinal
X_1	Program Studi, dengan kategori: 1 = Statistika 2 = Fisika 3 = Biologi 4 = Kimia	Nominal
X_2	Jenis Kelamin, dengan kategori: 1 = Laki-laki 2 = Perempuan	Nominal
X_3	Usia	Rasio
X_4	Asal Daerah, dengan kategori: 1 = Kota Samarinda 2 = Luar Kota Samarinda	Nominal
X_5	Jalur Penerimaan, dengan kategori: 1 = Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) 2 = Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) 3 = Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN)	Nominal
X_6	Status SMA/SMK, dengan kategori: 1 = Negeri 2 = Swasta	Nominal

Metode Penelitian

Metode dan tahapan analisis yang digunakan pada penelitian ini secara rinci diuraikan sebagai berikut:

1. Melakukan analisis statistika deskriptif dan visualisasi terhadap data penelitian untuk mengetahui karakteristik lulusan lulusan program sarjana FMIPA UNMUL.
2. Mendeteksi kolinieritas antar variabel prediktor (multikolinieritas) menggunakan uji Pearson, uji Yates, dan uji Eta. Uji Pearson dan uji Yates digunakan untuk menguji multikolinieritas antar variabel prediktor kategorik (Bilder & Loughin, 2015), sedangkan uji Eta digunakan untuk menguji multikolinieritas antara variabel prediktor kategorik dan variabel prediktor numerik (Mardiansyah, et al., 2017).
3. Melakukan pemodelan regresi logistik ordinal dengan langkah-langkah sebagai berikut:
   - Melakukan pendugaan parameter model regresi logistik ordinal menggunakan metode *Maximum Likelihood* (ML)

   Model regresi logistik ordinal yang digunakan adalah *cumulative odds model* (Agresti, 2013) yang disebut juga dengan *proportional odds model* (Hosmer, et al., 2013). Misalkan Y adalah variabel respon yang mempunyai kategori sebanyak J berskala ordinal dan $\boldsymbol{x}_i$ adalah vektor variabel prediktor sebanyak p pada pengamatan ke- i, yaitu $\boldsymbol{x}_i = \begin{bmatrix} X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ip} \end{bmatrix}^T$ untuk $i = 1,2,\dots,n$, maka model regresi logistik ordinal dapat dituliskan sebagai berikut (Agresti, 2013):

$$\text{logit} = [P(Y_i \le j|\boldsymbol{x}_i)] = \ln\left[\frac{P(Y_i \le j|\boldsymbol{x}_i)}{1 - P(Y_i \le j|\boldsymbol{x}_i)}\right] = \alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta} \qquad (1)$$

   dimana $j = 1,2,\dots,J-1$, α_j adalah parameter intersep dan memenuhi kondisi $\alpha_1 \le \alpha_2 \le \dots \le \alpha_{J-1}$. $\boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1 & \beta_2 & \dots & \beta_p \end{bmatrix}^T$ adalah vektor parameter. $P(Y_i \le j|\boldsymbol{x}_i)$ adalah peluang kumulatif kurang dari atau sama dengan kategori ke-j terhadap $\boldsymbol{x}_i$ yang didefinisikan sebagai berikut:

$$P(Y_i \le j|\boldsymbol{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}, \qquad j = 1,2,\dots,J-1 \qquad (2)$$

   Misalkan $\pi_j(\boldsymbol{x}_i) = P(Y_i = j|\boldsymbol{x}_i)$ menyatakan peluang variabel respon pada pengamatan ke-i mempunyai kategori ke-j terhadap $\boldsymbol{x}_i$, maka:

$$\begin{aligned} P(Y_i \le j|\boldsymbol{x}_i) &= P(Y_i = 1|\boldsymbol{x}_i) + P(Y_i = 2|\boldsymbol{x}_i) + \dots + P(Y_i = j|\boldsymbol{x}_i) \\ &= \pi_1(\boldsymbol{x}_i) + \pi_2(\boldsymbol{x}_i) + \dots + \pi_j(\boldsymbol{x}_i) \end{aligned} \qquad (3)$$

   Sehingga peluang untuk masing-masing kategori variabel respon dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \pi_j(\boldsymbol{x}_i) &= P(Y_i = j|\boldsymbol{x}_i) \\ &= P(Y_i \le j|\boldsymbol{x}_i) - P(Y_i \le j-1|\boldsymbol{x}_i), \qquad j = 1,2,\dots,J \end{aligned} \qquad (4)$$

   Berdasarkan Persamaan (2) sampai dengan Persamaan (4), diperoleh:

$$\pi_j(\boldsymbol{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} - \frac{\exp(\alpha_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}, j = 1,2,\dots,J \qquad (5)$$

   dengan:

$$\frac{\exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} = 0,$$

$$\frac{\exp(\alpha_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} = 1.$$

   Misalkan variabel respon mempunyai 3 kategori, yaitu $J = 3$, maka terbentuk model regresi logistik ordinal sebagai berikut:

$$\text{logit}\,[P(Y_i \le 1|\boldsymbol{x}_i)] = \ln\left[\frac{P(Y_i \le 1|\boldsymbol{x}_i)}{1 - P(Y_i \le 1|\boldsymbol{x}_i)}\right] = \alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}$$
$$\text{logit}\,[P(Y_i \le 2|\boldsymbol{x}_i)] = \ln\left[\frac{P(Y_i \le 2|\boldsymbol{x}_i)}{1 - P(Y_i \le 2|\boldsymbol{x}_i)}\right] = \alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}. \quad (6)$$

Selanjutnya, dapat diperoleh nilai peluang untuk masing-masing kategori variabel respon sebagai berikut:

- Peluang kategori pertama:

$$\pi_1(\boldsymbol{x}_i) = P(Y_i = 1|\boldsymbol{x}_i) = P(Y_i \le 1|\boldsymbol{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}. \quad (7)$$

- Peluang kategori kedua:

$$\pi_2(\boldsymbol{x}_i) = P(Y_i = 2|\boldsymbol{x}_i) = P(Y_i \le 2|\boldsymbol{x}_i) - P(Y_i \le 1|\boldsymbol{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} - \frac{\exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} \quad (8)$$

- Peluang kategori ketiga:

$$\pi_3(\boldsymbol{x}_i) = P(Y_i = 3|\boldsymbol{x}_i) = P(Y_i \le 3|\boldsymbol{x}_i) - P(Y_i \le 2|\boldsymbol{x}_i) = 1 - \frac{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} \quad (9)$$

Nilai peluang untuk masing-masing kategori variabel respon dapat digunakan untuk memprediksi ketepatan klasifikasi dari variabel respon. Suatu pengamatan akan masuk dalam variabel respon kategori ke-j berdasarkan nilai peluang terbesar.

Model regresi logistik ordinal dapat diperoleh dengan menduga parameter modelnya menggunakan metode ML. Pendugaan parameter diawali dengan membentuk fungsi *likelihood*. Misalkan dipunyai vektor variabel respon $\boldsymbol{Y}_i = [y_{i1} \;\; y_{i2} \;\; \dots \;\; y_{i,J-1}]^T$, $i = 1,2,\dots,n$ berdistribusi multinomial dengan peluang kategori ke-j adalah $\pi_j(\boldsymbol{x}_i)$, untuk $j = 1,2,\dots,J-1$, maka dapat dibentuk fungsi *likelihood* yang dinyatakan sebagai berikut (Purhadi, et al., 2012):

$$\mathcal{L}(\boldsymbol{\theta}) = \prod_{i=1}^{n}\prod_{j=1}^{J}\left(\pi_j(\boldsymbol{x}_i)\right)^{y_{ij}} = \prod_{i=1}^{n}\prod_{j=1}^{J}\left[\frac{\exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} - \frac{\exp(\alpha_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}\right]^{y_{ij}} \quad (10)$$

dengan $\boldsymbol{\theta} = [\alpha_1 \;\; \alpha_2 \;\; \dots \;\; \alpha_{J-1} \;\; \beta_1 \;\; \beta_2 \;\; \dots \;\; \beta_p]^T$ adalah vektor parameter model regresi logistik ordinal. Selanjutnya, menentukan fungsi *log-likelihood* yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\ell(\boldsymbol{\theta}) = \ln \mathcal{L}(\boldsymbol{\theta}) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{J} y_{ij} \ln\left[\frac{\exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_j + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} - \frac{\exp(\alpha_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}\right]. \quad (11)$$

Penduga ML parameter model regresi logistik ordinal dapat diperoleh dengan memaksimumkan fungsi *log-likelihood* dengan cara menentukan turunan parsial orde pertama fungsi *log-likelihood* terhadap parameter yang diduga kemudian disamakan dengan nol. Jika dimisalkan variabel respon mempunyai 3 kategori, yaitu $J = 3$, maka fungsi *log-likelihood* pada Persamaan (11) dapat ditulis menjadi:

$$\ell(\boldsymbol{\theta}) = \sum_{i=1}^{n}\left(y_{i1} \ln\left[\frac{\exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}\right] + y_{i2} \ln\left[\frac{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} - \frac{\exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}\right]\right.$$

$$+ y_{i3} \ln\left[1 - \frac{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1+\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}\right]\Bigg) \tag{12}$$

Fungsi *log-likelihood* pada Persamaan (12) dapat disederhanakan menjadi:

$$\begin{aligned}\ell(\boldsymbol{\theta}) = \sum_{i=1}^{n} \big(& y_{i1}(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}) - (y_{i1}+y_{i2})\ln[1+\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})] \\ &+ y_{i2}\ln[\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}) - \exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})] \\ &+ (y_{i1}-1)\ln[1+\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]\end{aligned} \tag{13}$$

Hasil turunan parsial pertama dari Persamaan (13) terhadap parameter yang diduga adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1} = \sum_{i=1}^{n}\left[y_{i1} - (y_{i1}+y_{i2}) - y_{i2}\frac{\exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}) - \exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}\right] = 0$$

$$\frac{\partial \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_2} = \sum_{i=1}^{n}\left[y_{i2}\frac{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}) - \exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} + (y_{i1}-1)\frac{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1+\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}\right] = 0$$

$$\frac{\partial \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} = \sum_{i=1}^{n}\left[(y_{i1}+y_{i2})\boldsymbol{x}_i^T\frac{1}{\exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})} + (y_{i1}-1)\boldsymbol{x}_i^T\frac{\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{1+\exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}\right] = 0.$$

Hasil turunan parsial orde pertama yang diperoleh merupakan fungsi yang tidak eksplisit, sehingga diperlukan pendekatan numerik untuk mendapatkan penduga ML parameter model regresi logistik ordinal. Pendekatan numerik yang digunakan adalah metode Newton-Raphson. Metode ini memerlukan turunan parsial orde kedua dari fungsi *log-likelihood* terhadap parameter yang diduga. Hasil turunan parsial orde kedua yang didapatkan adalah:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1^2} = \sum_{i=1}^{n}\Bigg\{&-(y_{i1}+y_{i2})\frac{exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[1+exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2} \\ &- y_{i2}\frac{exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})\,exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}) - exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2}\Bigg\}\end{aligned}$$

$$\frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1 \partial \alpha_2} = \sum_{i=1}^{n} y_{i2}\frac{exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})\,exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}) - exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2}$$

$$\frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1 \partial \boldsymbol{\beta}} = \sum_{i=1}^{n}\left\{-(y_{i1}+y_{i2})\boldsymbol{x}_i^T\frac{exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[1+exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2}\right\}$$

$$\frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_2^2} = \sum_{i=1}^{n}\left\{-y_{i2}\frac{exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})\,exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta}) - exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2}\ (y_{i1}-1)\frac{exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[1+exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2}\right\}$$

$$\frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_2 \partial \boldsymbol{\beta}} = \sum_{i=1}^{n}\left\{(y_{i1}-1)\boldsymbol{x}_i^T\frac{exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[1+exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2}\right\}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\beta} \partial \boldsymbol{\beta}^T} = \sum_{i=1}^{n}\Bigg\{&-(y_{i1}+y_{i2})\boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{x}_i\frac{exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[1+exp(\alpha_1 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2} \\ &+ (y_{i1}-1)\boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{x}_i\frac{exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})}{[1+exp(\alpha_2 + \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{\beta})]^2}\Bigg\}.\end{aligned}$$

Formula yang digunakan untuk mendapatkan penduga ML parameter model regresi logistik ordinal dengan metode Newton-Raphson adalah (Zuhdi, et al., 2017):

$$\boldsymbol{\theta}^{(t+1)} = \boldsymbol{\theta}^{(t)} - [\boldsymbol{H}(\boldsymbol{\theta}^{(t)})]^{-1}\boldsymbol{q}(\boldsymbol{\theta}^{(t)}) \tag{14}$$

dengan $\boldsymbol{H}(\boldsymbol{\theta})$ adalah matriks Hessian yang nonsingular dengan elemen-elemennya adalah turunan parsial orde kedua fungsi *log-likelihood* terhadap parameter yang diduga, $\boldsymbol{q}(\boldsymbol{\theta})$ adalah vektor gradien dengan elemen-elemennya adalah turunan parsial orde pertama dari fungsi *log-likelihood* terhadap parameter yang diduga dan t adalah banyaknya iterasi $(t = 0,1,2 \dots)$. Vektor gradien dan matriks Hessian didefinisikan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{q}(\boldsymbol{\theta}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_2} & \frac{\partial \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} \end{bmatrix}^T$$

$$\boldsymbol{H}(\boldsymbol{\theta}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1^2} & \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1 \partial \alpha_2} & \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1 \partial \boldsymbol{\beta}} \\ \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1 \partial \alpha_2} & \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_2^2} & \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_2 \partial \boldsymbol{\beta}} \\ \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_1 \partial \alpha_2} & \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha_2 \partial \boldsymbol{\beta}} & \frac{\partial^2 \ell(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\beta} \partial \boldsymbol{\beta}^T} \end{bmatrix}$$

Proses iterasi Newton-Raphson berhenti jika terpenuhi kondisi konvergen, yaitu selisih $\left\| \boldsymbol{\theta}^{(t+1)} - \boldsymbol{\theta}^{(t)} \right\| \leq \varepsilon$, dengan ε adalah bilangan positif yang sangat kecil. Penduga ML parameter model yang diperoleh adalah $\boldsymbol{\theta}^{(t+1)}$ pada iterasi terakhir.

- Melakukan pengujian signifikansi parameter model regresi logistik ordinal secara serentak menggunakan metode *Likelihood Ratio Test* (LRT)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan minimal satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon atau untuk mengetahui adanya pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon secara bersama-sama (serentak). Hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta_p = 0$

$H_1 :$ minimal terdapat satu $\beta_q \neq 0, q = 1,2, \dots, p$.

Statistik uji untuk menguji hipotesis tersebut adalah statistik LR (G^2) yang diperoleh dengan metode LRT (Fathurahman, et al., 2020). Langkah awal untuk mendapatkan statistik G^2 adalah menentukan himpunan parameter model di bawah H_0, yang didefinisikan dengan $\omega = \{\alpha_j, j = 1,2, \dots, J\}$. Selanjutnya, menentukan nilai maksimum fungsi *likelihood* himpunan parameter model di bawah H_0, yaitu:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(\widehat{\omega}) &= maks\, \mathcal{L}(\omega) \\ &= \prod_{i=1}^{n} \prod_{j=1}^{J} \left[\frac{\exp(\hat{\alpha}_j)}{1 + \exp(\hat{\alpha}_j)} - \frac{\exp(\hat{\alpha}_{j-1})}{1 + \exp(\hat{\alpha}_{j-1})} \right]^{y_{ij}} \end{aligned} \quad (15)$$

Memaksimum fungsi *likelihood* pada Persamaan (15) ekuivalen dengan memaksimumkan fungsi *log-likelihood*

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(\widehat{\omega}) &= maks \ln \mathcal{L}(\omega) \\ &= \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{J} y_{ij} \ln \left[\frac{\exp(\hat{\alpha}_j)}{1 + \exp(\hat{\alpha}_j)} - \frac{\exp(\hat{\alpha}_{j-1})}{1 + \exp(\hat{\alpha}_{j-1})} \right] \end{aligned} \quad (16)$$

dimana $\hat{\alpha}_j$ adalah penduga ML parameter α_j yang diperoleh dengan metode Newton-Raphson pada Persamaan (14). Selanjutnya menentukan himpunan parameter model di bawah populasi yaitu $\Omega = \{\alpha_j, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p; j = 1,2, \dots, J\}$ dan nilai maksimum fungsi *likelihood* himpunan parameter model di bawah populasi.

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(\widehat{\Omega}) &= maks\, \mathcal{L}(\Omega) \\ &= \prod_{i=1}^{n} \prod_{j=1}^{J} \left[\frac{\exp(\hat{\alpha}_j + \boldsymbol{x}_i^T \widehat{\boldsymbol{\beta}})}{1 + \exp(\hat{\alpha}_j + \boldsymbol{x}_i^T \widehat{\boldsymbol{\beta}})} - \frac{\exp(\hat{\alpha}_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T \widehat{\boldsymbol{\beta}})}{1 + \exp(\hat{\alpha}_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T \widehat{\boldsymbol{\beta}})} \right]^{y_{ij}} \end{aligned} \quad (17)$$

dimana $\widehat{\boldsymbol{\beta}}$ adalah penduga ML parameter $\boldsymbol{\beta}$ yang diperoleh dengan metode Newton-Raphson pada Persamaan (14). Memaksimum fungsi *likelihood* pada Persamaan (17) ekuivalen dengan memaksimumkan fungsi *log-likelihood*

$$\mathcal{L}(\widehat{\Omega}) = maks\ \mathcal{L}(\Omega) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{J} y_{ij} \ln\left[\frac{\exp(\hat{\alpha}_j + \boldsymbol{x}_i^T\widehat{\boldsymbol{\beta}})}{1+\exp(\hat{\alpha}_j + \boldsymbol{x}_i^T\widehat{\boldsymbol{\beta}})} - \frac{\exp(\hat{\alpha}_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\widehat{\boldsymbol{\beta}})}{1+\exp(\hat{\alpha}_{j-1} + \boldsymbol{x}_i^T\widehat{\boldsymbol{\beta}})}\right]. \quad (18)$$

Berdasarkan Persamaan (16) dan Persamaan (18), maka diperoleh statistik uji LR yang diformulasikan sebagai

$$G^2 = 2\left[\ln\mathcal{L}(\widehat{\Omega}) - \ln\mathcal{L}(\widehat{\omega})\right]. \quad (19)$$

Statistik uji G^2 pada Persamaan (19) berdistribusi *Chi-square* (Bilder & Loughin, 2015), dengan derajat bebasnya adalah banyaknya parameter model di bawah populasi dikurangi banyaknya parameter model di bawah H_0, yaitu $v = [((J-1)+p)-(J-1)] = p$. Sehingga, daerah kritis untuk tingkat signifikansi α adalah H_0 ditolak bila nilai $G^2 > \chi^2_{(\alpha,v)}$ atau H_0 ditolak bila *p-value* kurang dari α.

- Melakukan pengujian signifikansi parameter model regresi logistik ordinal secara individu menggunakan metode *Wald Test* (WT)

Pengujian signifikansi parameter secara individu bertujuan untuk mendapatkan variabel-variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon secara individu. Hipotesis yang digunakan diformulasikan sebagai berikut:

$H_0 :\ \beta_q = 0$

$H_1 :\ \beta_q \neq 0, q = 1,2,\ldots,p.$

Statistik uji untuk hipotesis ini adalah statistik Wald (Fathurahman, et al., 2019) dengan formula sebagai berikut:

$$W = \frac{\hat{\beta}_q}{\sqrt{V\hat{a}r(\hat{\beta}_q)}} \quad (20)$$

dimana $V\hat{a}r(\hat{\beta}_q)$ adalah elemen-elemen diagonal ke $(p+1)$ dari matriks varians kovarians $Cov(\widehat{\boldsymbol{\beta}})$, dengan $Cov(\widehat{\boldsymbol{\beta}}) = [\boldsymbol{I}(\widehat{\boldsymbol{\beta}})]^{-1} = -[\boldsymbol{H}(\widehat{\boldsymbol{\beta}})]^{-1}$. $\boldsymbol{I}(\widehat{\boldsymbol{\beta}})$ dan $\boldsymbol{H}(\widehat{\boldsymbol{\beta}})$ adalah berturut-turut menyatakan matriks Informasi Fisher dan matriks Hessian.

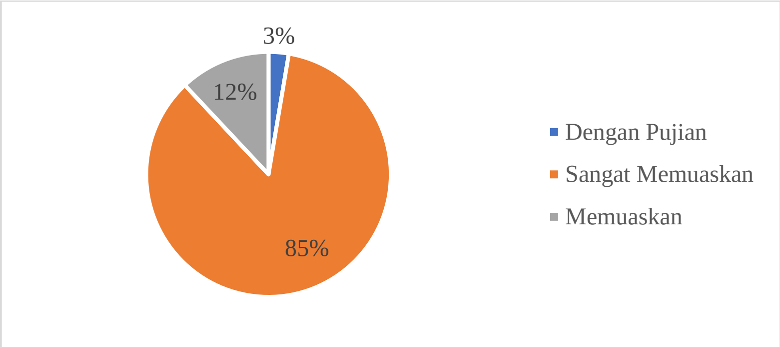
Statistik uji Wald pada Persamaan (11) berdistribusi normal standar (Bilder & Loughin, 2015). Oleh karena itu, daerah kritis untuk tingkat signifikansi α adalah H_0 ditolak bila nilai $|W| > Z_{\alpha/2}$ atau H_0 ditolak bila *p-value* kurang dari α.

4. Mendapatkan model regresi logistik ordinal untuk memodelkan predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL.
5. Mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL.
6. Menginterpretasikan model regresi logistik ordinal pada predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL menggunakan nilai *Odds Ratio* (OR) dari masing-masing variabel prediktor (Aliu, et al., 2023).
7. Menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

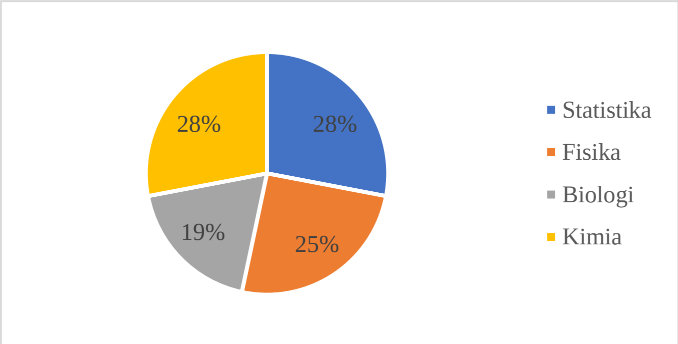
Analisis Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Analisis statistik deskriptif terhadap variabel penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik lulusan program sarjana FMIPA Universitas Mulawarman tahun 2020. Deskripsi dari variabel respon disajikan pada GAMBAR 1.



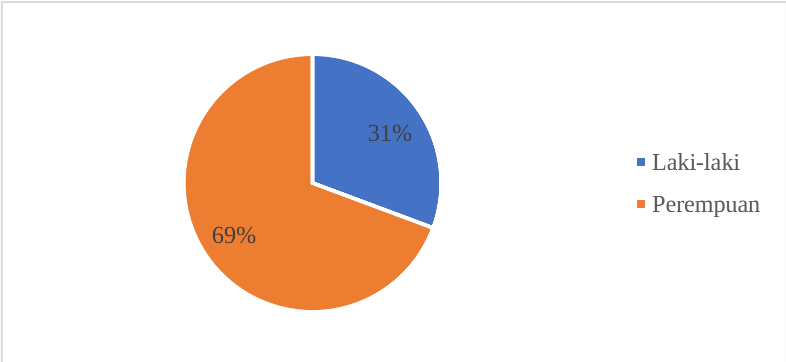
GAMBAR 1. Proporsi Predikat Lulusan Program Sarjana FMIPA UNMUL

Pada GAMBAR 1, tampak bahwa dari 150 orang lulusan program sarjana FMIPA UNMUL tahun 2020, lulusan terbanyak adalah lulusan yang meraih predikat sangat memuaskan sebanyak 85% atau 128 orang lulusan. Selanjutnya, disajikan deskripsi dari variabel-variabel prediktor.



GAMBAR 2. Proporsi Lulusan Program Sarjana FMIPA UNMUL Berdasarkan Program Studi

Berdasarkan GAMBAR 2, dapat diketahui bahwa lulusan terbanyak berasal dari Program Studi Statistika dan Kimia, yakni masing-masing sebanyak 42 orang atau masing-masing sebesar 28%.



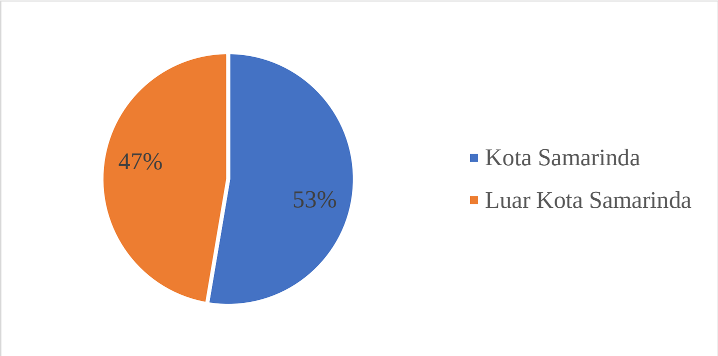
GAMBAR 3. Proporsi Lulusan Program Sarjana FMIPA UNMUL Berdasarkan Jenis Kelamin

Pada GAMBAR 3, tampak bahwa lulusan terbanyak adalah perempuan, yaitu sebanyak 104 orang atau sebesar 69%.

TABEL 2. Deskripsi Lulusan Program Sarjana FMIPA UNMUL Menurut Usia

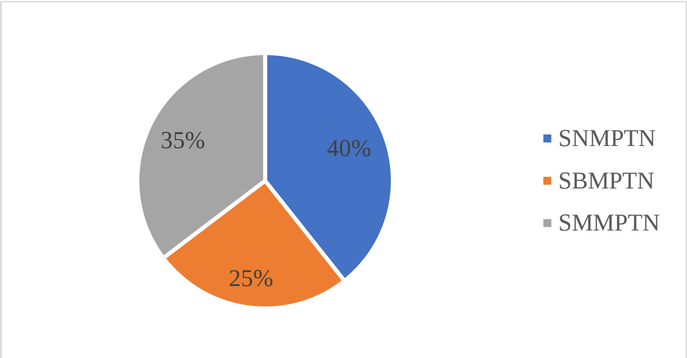
Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Simpangan Baku
Usia	21	27	23	1,37

Berdasarkan TABEL 2, dapat diketahui bahwa rata-rata usia lulusan program sarjana FMIPA UNMUL adalah 23 tahun, dengan lulusan termuda berusia 21 tahun dan lulusan tertua berusia 27 tahun.



GAMBAR 4. Proporsi Lulusan Program Sarjana FMIPA Universitas Mulawarman Berdasarkan Asal Daerah

Pada GAMBAR 4, tampak bahwa lulusan program sarjana FMIPA Universitas Mulawarman terbanyak berasal dari Kota Samarinda yaitu sebanyak 79 orang atau sebesar 53%.



GAMBAR 5. Proporsi Lulusan Program Sarjana FMIPA UNMUL Berdasarkan Asal Daerah

Berdasarkan GAMBAR 5, dapat diketahui bahwa lulusan program sarjana FMIPA UNMUL terbanyak adalah lulusan yang diterima melalui jalur peneriman SNMPTN, yaitu sebanyak 59 orang atau sebesar 40%.

Pengujian Multikolinieritas

Pengujian multikolinieritas merupakan salah satu asumsi yang harus dipenuhi pada pemodelan regresi logistik ordinal. Pengujian multikolinieritas pada penelitian menggunakan uji Pearson, uji Yates, dan uji Eta. Hasil uji multikolinieritas menggunakan uji Pearson dan uji Eta berturut-turut disajikan disajikan pada TABEL 3 dan TABEL 4.

TABEL 3. Hasil Uji Multikolinieritas Menggunakan Uji Pearson dan Uji Yates

Variabel Prediktor	Statistik Uji	*P-Value*	Keputusan	Kesimpulan
X_1 dan X_2	6,76	0,07*	H_0 ditolak	Terjadi multikolinieritas
X_1 dan X_4	1,34	0,71	H_0 gagal ditolak	Tidak terjadi multikolinieritas
X_1 dan X_5	5,42	0,49	H_0 gagal ditolak	Tidak terjadi multikolinieritas
X_1 dan X_6	6,71	0,08*	H_0 ditolak	Terjadi multikolinieritas
X_2 dan X_4	0,20	0,65	H_0 gagal ditolak	Tidak terjadi multikolinieritas
X_2 dan X_5	2,20	0,33	H_0 gagal ditolak	Tidak terjadi multikolinieritas
X_2 dan X_6	0,09	0,75	H_0 gagal ditolak	Tidak terjadi multikolinieritas

*) Signifikan pada tingkat signifikansi, α = 0,1.

TABEL 4. Hasil Uji Multikolinieritas Menggunakan Uji Eta

Variabel Prediktor	Statistik Uji	*P-Value*	Keputusan	Kesimpulan
X_3 dan X_1	2,47	0,06*	H_0 ditolak	Terjadi multikolinieritas
X_3 dan X_2	10,73	0,001*	H_0 ditolak	Terjadi multikolinieritas
X_3 dan X_4	0,72	0,40	H_0 gagal ditolak	Tidak terjadi multikolinieritas
X_3 dan X_5	1,49	0,23	H_0 gagal ditolak	Tidak terjadi multikolinieritas
X_3 dan X_6	0,13	0,72	H_0 gagal ditolak	Tidak terjadi multikolinieritas

*) Signifikan pada tingkat signifikansi, α = 0,1.

Berdasarkan TABEL 3 dan TABEL 4, dapat diketahui bahwa variabel-variabel prediktor yang layak digunakan untuk model regresi logistik ordinal adalah jenis kelamin (X_2), asal daerah (X_4), jalur penerimaan (X_5), dan status SMA/SMK (X_6).

Pemodelan Predikat Lulusan Program Sarjana dengan Regresi Logistik Ordinal

Pemodelan regresi logistik ordinal pada predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL tahun 2020 diawali dengan melakukan pendugaan dan pengujian parameter model regresi logistik ordinal. Hasil yang diperoleh disajikan pada TABEL 5. Pada model regresi logistik ordinal dilakukan pengujian signifikansi parameter model secara serentak dan individu. Hipotesis yang digunakan untuk uji serentak adalah:

$H_0 : \beta_2 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = 0$
H_1 : Paling tidak terdapat satu $\beta_q \neq 0, q = 2,4,5,6$

Setelah dilakukan perhitungan dengan *software* R, diperoleh nilai statistik *Wilk's lambda* (G) sebesar 12,5091, nilai $\chi^2_{(0,1;4)}$ sebesar 7,7794, dan *p-value* sebesar 0,0139. Karena nilai G lebih besar dari nilai $\chi^2_{(0,1;4)}$ dan *p-value* kurang dari α, maka H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara serentak jenis kelamin, asal daerah, jalur penerimaan dan status SMA/SMK berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL.

Selanjutnya, dilakukan pengujian signifikansi parameter secara individu untuk mendapatkan faktor-faktor yang signifikan berpengaruh terhadap predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL secara individu, dengan hipotesis yang diuji adalah:

$H_0 : \beta_q = 0$
$H_1 : \beta_q \neq 0, q = 2,4,5,6$

Pada TABEL 5 tampak bahwa nilai statistik uji Wald (W) untuk parameter $\hat{\beta}_{2(2)}$ dan $\hat{\beta}_{5(3)}$ berturut-turut lebih dari nilai $Z_{\alpha/2}$ dan kurang dari $-Z_{\alpha/2}$ dan *P Value* dari masing-masing parameter tersebut kurang dari α, sehingga H_0 ditolak. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa secara individu jenis kelamin dan jalur penerimaan berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL.

TABEL 5. Hasil Pendugaan dan Pengujian Parameter Model Regresi Logistik Ordinal

Parameter	Dugaan Parameter	*Standard Error*	W	*P Value*	OR
$\hat{\alpha}_1$	-1,8035	0,5378	-3,3536	0,0014	0,1647
$\hat{\alpha}_2$	4,3220	0,7308	5,9139	$1{,}01 \times 10^{-8}$	75,3392
$\hat{\beta}_{2(2)}$	1,2716	0,5144	2,4720	0,0188*	3,5666
$\hat{\beta}_{4(2)}$	0,3057	0,4839	0,6317	0,3268	1,3576

$\hat{\beta}_{5(2)}$	-0,2850	0,6632	-0,4298	0,3637	0,7520
$\hat{\beta}_{5(3)}$	-1,4221	0,5833	-2,4381	0,0204*	0,2412
$\hat{\beta}_{6(2)}$	-0,1139	0,8656	-0,1316	0,3955	0,8923

*) Signifikan pada tingkat signifikansi, α = 0,1

Setelah dilakukan analisis terhadap model regresi logistik ordinal, maka didapatkan model regresi logistik ordinal untuk memodelkan predikat lulusan program sarjana FMIPA Universitas Mulawarman sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{logit}\,[P(Y_i \leq 1|\boldsymbol{x})] &= -1{,}8035 + 1{,}2716X_{2(2)} + 0{,}3057X_{4(2)} + \\ &\quad -0{,}2850X_{5(2)} - 1{,}4221X_{5(3)} - 0{,}1139X_{6(2)} \\ \text{logit}\,[P(Y_i \leq 2|\boldsymbol{x})] &= 4{,}3220 + 1{,}2716X_{2(2)} + 0{,}3057X_{4(2)} + \\ &\quad -0{,}2850X_{5(2)} - 1{,}4221X_{5(3)} - 0{,}1139X_{6(2)}\end{aligned} \tag{21}$$

Tahap akhir pemodelan predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL menggunakan regresi logistik ordinal adalah interpretasi terhadap model pada Persamaan (21). Interpretasi dilakukan hanya untuk variabel prediktor jenis kelamin (X_2) dan jalur penerimaan (X_5) yang berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL, yaitu lulusan program sarjana FMIPA UNMUL berjenis kelamin perempuan memiliki peluang 3,5666 kali lebih besar meraih predikat lulusan memuaskan dan sangat memuaskan dibanding dengan pujian (*cumlaude*). Sementara itu, lulusan program sarjana FMIPA UNMUL yang diterima melalui jalur penerimaan SMMPTN memiliki peluang 0,2412 kali lebih kecil meraih predikat lulusan memuaskan dan sangat memuaskan dibanding dengan pujian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan regresi logistik ordinal menghasilkan variabel prediktor jenis kelamin dan jalur penerimaan merupakan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap predikat lulusan program sarjana FMIPA UNMUL tahun 2020. Peluang lulusan program sarjana FMIPA UNMUL berjenis kelamin perempuan meraih predikat memuaskan dan sangat memuaskan lebih besar dibanding meraih predikat dengan pujian. Peluang lulusan program sarjana FMIPA UNMUL yang diterima melalui jalur penerimaan SMMPTN meraih predikat lulusan memuaskan dan sangat memuaskan lebih kecil dibanding meraih predikat dengan pujian. Penelitian ini masih dapat dilanjutkan dengan menambahkan faktor-faktor lain yang diduga berpengaruh terhadap predikat lulusan sebagai variabel prediktor. Selain itu, dapat menggunakan metode regresi lain sebagai alternatif misalnya regresi probit ordinal atau regresi logistik ordinal dengan pendekatan Bayesian, sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih optimal.

REFERENSI

Adejumo, A. O. & Adetunji, A. A., 2013. Application of Ordinal Logistic Regression in the Study of Students' Performance. *Mathematical Theory and Modeling,* 3(11), pp. 10-19.

Agresti, A., 2013. *Categorical Data Analysis.* 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons.

Aliu, M. A. et al., 2023. Pemodelan Regresi Logistik Ordinal Backward dengan Imputasi K-Nearest Neighbor pada Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia Tahun 2021. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya,* 7(1), pp. 49-61.

Bilder, C. R. & Loughin, T. M., 2015. *Analysis of Categorical Data with R.* Boca Raton: CRC Press.

Fathurahman, M., Purhadi, Sutikno & Ratnasari, V., 2019. *Hypothesis Testing of Geographically Weighted Bivariate Logistic Regression.* Bristol, England, IOP Publishing.

Fathurahman, M., Purhadi, Sutikno & Ratnasari, V., 2020. Geographically Weighted Multivariate Logistic Regression Model and Its Application. *Abstract and Applied Anaysis,* Volume 2020, pp. 1-10.

Hosmer, D. W., Lemeshow, S. & Sturdivant, R. X., 2013. *Applied Logistic Regression.* 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons.

Imaslihkah, A., Ratna, M. & Ratnasari, V., 2013. Analisis Regresi Logistik Ordinal terhadap Faktor-faktor yang mempengaruhi Predikat Lulusan Mahasiswa ITS. *Sains dan Seni ITS,* 2(2), pp. 177-182.

Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J. & Neter, J., 2004. *Applied Linear Regression Models.* 4th ed. New York: McGraw-Hill/Irwin.

Liang, J., Bi, G. & Zhan, C., 2020. Multinomial and Ordinal Logistic Regression Analyses with Multi-Categorical Variables Using R. *Annals of Translational Medicine,* 8(16), pp. 1-8.

Mardiansyah, Syaiful, M. & Basri, M., 2017. Pengaruh Media Presentasi Prezi terhadap Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Sejarah. *Jurnal Pendidikan dan Penelitian Sejarah (PESAGI),* 5(2), pp. 1-12.

Purhadi, Rifada, M. & Wulandari, S. P., 2012. Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression Model. *International Journal of Mathematics and Computation,* 6(3), pp. 116-126.

Rian, F. R. N. & Hafiyusholeh, 2021. Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kepuasan Mahasiswaterhadap Pemilihan Program Studi Matematika UINSA Surabaya Menggunakan Metode Regresi Logistik Ordinal. *AXIOM: Jurnal Pendidikan dan Matematika,* 10(1), pp. 26-38.

Setyawati, D. U., Korida, B. D. & Febrilia, B. R. A., 2020. Analisis Regresi Logistik Ordinal Faktor-faktor yang Mempengaruhi IPK Mahasiswa. *Jurnal Varian,* 3(2), pp. 65-72.

Talakua, M. W., Ratuanak, A. & Ilwaru, V. Y. I., 2019. Analisis Regresi Logistik Ordinal terhadap Faktor-faktor yang mempengaruhi Waktu Kelulusan Mahasiswa S1 Di FMIPA UNPATTI Ambon Tahun 2016 dan 2017. *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan,* 13(1), pp. 33-38.

Zakariyah & Zain, I., 2015. Analisis Regresi Logistik Ordinal pada Prestasi Belajar Lulusan Mahasiswa di ITS Berbasis SKEM. *Jurnal Sains dan Seni ITS,* 4(1), pp. 121-126.

Zuhdi, S., Saputro, D. R. S. & Widyaningsih, P., 2017. *Parameters Estimation of Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR) Model.* Bristol, England, IOP Publishing.