

Penerapan model regresi multilevel untuk data ketepatan waktu lulus mahasiswa

(Application of Multilevel logistic regression to timeliness of graduation of students)

Rahmatul Ula, Risnawati Ibtnas, Khalilah Nurfadilah*, M. Ichsan Nawawi, Asfar

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

*korespondensi: khalilah@uin-alauddin.ac.id

Received: 14-10-2022, accepted: 25-03-2023

Abstract

Multilevel logistic regression is one of the alternatives to solving a problem that has a nested data structure like the student data in Alauddin in 2016. The data indicates that students are nested in each different study program. This condition allows the students in the same study program tend to have similar characteristics. The study aims to gain a student graduating model of punctuality using multilevel regression analysis and recognize factors that have a significant impact on student graduating time. Based on our research, we find the best model that fits the data to be the random intercepts model with a random slope of gender variable. The variables that have significant effects are gender, cumulative achievement index, educational background, and accredited program.

Keywords: logistic regression, nested, multilevel logistic regression, graduation of student

MSC2020: 62J05

1. Pendahuluan

Persentase lulus tepat waktu dari setiap mahasiswa merupakan salah satu indikator keberhasilan suatu program studi. Seorang mahasiswa dikatakan lulus tepat waktu jika mahasiswa tersebut mampu menyelesaikan studinya tidak lebih dari empat tahun, sedangkan jika lebih, maka mahasiswa tersebut dikatakan lulus tidak tepat waktu. Kelulusan yang tidak tepat waktu dari seorang mahasiswa diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal, yang dapat dilakukan dengan pendekatan model regresi berganda [1], [2]. Faktor internal dapat berasal dari diri mahasiswa itu sendiri, seperti kurangnya minat pada program studi dan motivasi belajar yang kurang maksimal. Mahasiswa yang kurang memiliki motivasi belajar cenderung memiliki Indeks Prestasi yang rendah sehingga akan memiliki pengaruh secara berantai

terhadap beberapa hal, seperti jumlah mata kuliah yang dapat diprogram. Jika jumlah mata kuliah berkurang, maka tentu akan berpengaruh terhadap lama masa studi, dan demikian seterusnya. Faktor eksternal dapat dilihat dari lingkungannya seperti akreditasi program studi.

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penentuan faktor-faktor yang mempengaruhi ketepatan waktu kelulusan mahasiswa pernah dilakukan oleh [3]-[5]. Penelitian tersebut mengasumsikan bahwa setiap mahasiswa saling bebas. Namun, jika ditinjau lebih lanjut mahasiswa tersarang kedalam program studi yang berbeda. Penelitian [6] mengatakan bahwa mahasiswa dengan program studi yang sama cenderung memiliki kemiripan karakteristik, sehingga asumsi saling bebas dapat terlanggar. Fenomena ini disebut juga dengan istilah tersarang [7]. Mahasiswa di dalam suatu program studi diasumsikan tersarang di dalam program studi tersebut. Mengabaikan informasi lingkungan dalam model data tersarang akan memunculkan masalah heteroskedastisitas dalam galat [8]. Sehingga, salah satu model yang dapat digunakan untuk menganalisis data dengan karakteristik seperti ini adalah model regresi multilevel [9]. Alasan pentingnya pemodelan bertingkat terutama karena penentuan konstruksi penelitian yang mempertimbangkan keberadaan struktur data bersarang, dimana variabel tertentu menunjukkan variasi antara unit berbeda yang mewakili kelompok tetapi tidak menilai variasi antara pengamatan yang termasuk dalam kelompok yang sama [10]. Selain itu, regresi multilevel dapat digunakan untuk menganalisis populasi dengan mempertimbangkan kemiripan individu yang berada pada lingkungan yang sama [11].

Model regresi multilevel secara umum menggunakan variabel respon yang bersifat kontinu, namun pada kenyataannya, seringkali peneliti harus berhadapan pada variabel respon yang tidak bersifat kontinu [12], sehingga model regresi multilevel biasa dianggap tidak lagi representatif [13]-[16]. Untuk mengatasi masalah ini, maka diperkenalkan model regresi multilevel dengan pendekatan *generalized linear model* (GLM), atau dapat diistilahkan dengan model regresi logistik multilevel, seperti pada penelitian [17]-[19]. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis bertujuan untuk memperoleh model ketepatan waktu lulus mahasiswa serta memperoleh faktor-faktor yang mempengaruhinya dengan menggunakan pendekatan regresi logistik multilevel.

2. Metodologi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari Pusat Pangkalan Data (PUSTIPAD) Rektorat Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar angkatan 2016 untuk 8 Fakultas. Variabel terikat (variabel respon) dalam kasus ini adalah kasus ketepatan waktu kelulusan mahasiswa yang terdiri dari dua kategori, yaitu lulus tepat waktu dan tidak lulus tepat waktu. Sementara variabel-variabel bebasnya (variabel penjelas) yang digunakan antara lain adalah jenis kelamin (X_1) yang terdiri dari

dua kategori, yaitu laki-laki dan perempuan. Variabel kedua adalah jalur masuk (X_2) yang terdiri dari tiga kategori, yaitu SNMPTN/SPAN PTKIN, SBMPTN/UM-PTKIN dan UMM. Variabel yang ketiga adalah IPK (X_3) yang terdiri dari dua kategori, yaitu nilai ipk lebih besar dari 3,5 dan nilai ipk lebih kecil atau sama dengan 3,5. Untuk variabel keempat adalah Latar belakang pendidikan (X_4) yang terdiri dari dua kategori, yaitu SMA dan SMK. Adapun variabel untuk level dua adalah akreditasi program studi (Z_1) yang terdiri dari tiga kategori, yaitu akreditasi A, akreditasi B dan lain-lain. Variabel kedua pada level dua adalah jumlah mahasiswa (Z_2) yang terdiri dari jumlah mahasiswa dari setiap program studi.

Prosedur Analisis

Adapun prosedur analisis yang dilakukan untuk mendapatkan tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

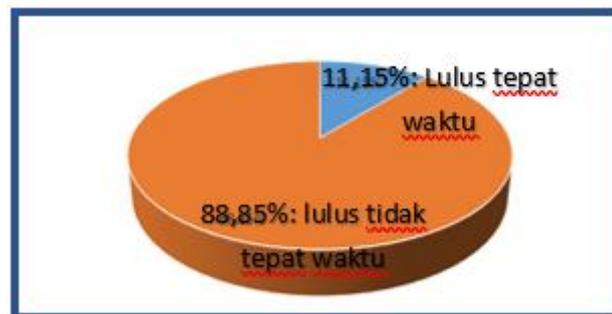
1. Melakukan analisis deskriptif terhadap data
2. Melakukan pendekatan model regresi logistik satu level
3. Melakukan pendekatan regresi logistik multilevel sebagai model intersep acak dan *slope* acak menggunakan R berdasarkan beberapa pendekatan sebagai berikut [20]-[22]
 - i. menyusun model intersep sebagai variabel acak,
 - ii. menganalisis model tanpa variabel penjelas,
 - iii. menganalisis model dengan menambahkan seluruh variabel penjelas di level kesatu,
 - iv. menganalisis model dengan menambahkan seluruh variabel penjelas di level kedua.
4. Memilih model intersep dan *slope* acak yang terbaik dari Langkah 3 berdasarkan nilai AIC. Dimana, nilai AIC merupakan informasi skor yang telah terkoreksi untuk setiap model, model yang memiliki nilai AIC paling kecil merupakan model terbaik [23].
5. Memilih variabel yang berpengaruh signifikan dari model terbaik yang didapatkan pada langkah sebelumnya sebagai faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap ketepatan waktu lulus mahasiswa dengan menggunakan statistik uji H_0 dan H_1 . Dimana, ketika nilai $p - value < \alpha$ maka H_0 ditolak yang artinya variabel penjelas signifikan berpengaruh terhadap variabel respon.
6. Membuat interpretasi dari hasil analisis yang telah didapatkan menggunakan *odds ratio* (ψ).

3. Hasil dan Pembahasan

Statistik deskriptif

Jumlah mahasiswa yang terdaftar dalam program sarjana Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar angkatan 2016 sebanyak 5.320 Mahasiswa. Mahasiswa yang mendapat predikat lulus tepat waktu berjumlah 593 mahasiswa atau sekitar 11,15% dari

jumlah mahasiswa program sarjana angkatan 2016. Sedangkan mahasiswa yang lulus tidak tepat waktu berjumlah 4726 atau 88,85% . Deskripsi mengenai lulus tepat waktu dan tidak tepat waktu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan jumlah mahasiswa berdasarkan ketepatan waktu lulus

Regresi Logistik Satu Level

Regresi Logistik adalah suatu metode analisis statistika untuk mendeskripsikan hubungan antara variabel terikat yang memiliki dua kategori atau lebih dengan satu atau lebih peubah bebas berskala kategori atau kontinu. Model regresi logistik satu level digunakan sebagai model dasar dan pembanding bagi model logistik multilevel.

Tabel 4.1 Hasil estimasi parameter tetap menggunakan regresi logistik satu level

	Estimasi	p_{value}
Intersep	-1.398413	0.02470
Jenis Kelamin	-0.905038	0.00105
Jalur Masuk	-0.146634	0.31781
IPK	2.019941	1.72×10^{-9}
Latar belakang pendidikan	0.844674	0.00473
Akreditasi program studi	-0.429556	0.1159
Jumlah Mahasiswa	-0.001037	0.83297

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa variabel jenis kelamin, IPK dan latar belakang pendidikan memiliki nilai $p_{value} < \alpha$. Berdasarkan hasil uji statistik ketika nilai $p_{value} < \alpha$ dapat diambil kesimpulan bahwa variabel jenis kelamin, IPK dan latar belakang pendidikan berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

Regresi Logistik Multilevel

Regresi logistik multilevel merupakan salah satu metode analisis statistika yang digunakan untuk menganalisis struktur data hierarki dengan menggunakan variabel respon yang tidak bersifat kontinu. Tingkatan sebagai struktur hierarki didefinisikan sebagai level. Tingkat yang paling rendah yaitu individu atau mahasiswa disebut level 1 dan tingkat yang paling tinggi yaitu program studi disebut level 2. Tahapan analisis untuk

model regresi logistik multilevel dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

a. Pemilihan struktur inteseep acak

Model yang dibentuk dengan intersep acak adalah sebagai berikut.

1. Model tanpa ada pengaruh variabel penjelas (Model M1).
2. Model yang ditambah dengan variabel penjelas level 1 (Model M2).
3. Model yang ditambah dengan variabel penjelas level 1 dan 2 (Model M3).

Hasil analisis yang didapatkan akan dilakukan uji perbandingan antara 3 model tersebut untuk mendapatkan model terbaik. Dengan menggunakan nilai AIC. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil uji perbandingan untuk model intersep acak terbaik

	AIC	p_{value}
Model M1	485.49	0.00
Model M2	414.23	2.497×10^{-16}
Model M3	416.64	0.31

Table 4.2 Menjelaskan hasil perbandingan antara Model M1 dan Model M2 Nilai p yang didapatkan sebesar 2.497×10^{-16} yang berarti nyata artinya model yang ditambah variabel penjelas level 1 merupakan model terbaik. Selanjutnya hasil perbandingan antara model M2 dengan model M3 menghasilkan nilai p_{value} sebesar 0.31 yang berarti variabel penjelas level kedua yang ditambahkan pada model M3 tidak memberikan hasil yang nyata dan jika ditinjau berdasarkan nilai AIC model M2 memiliki nilai AIC terendah. Sehingga, model terbaik pada intersep acak adalah model M2. Hasil estimasi parameter tetap model intersep acak untuk model terbaik adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil estimasi parameter tetap model intersep acak

	Estimasi	p_{value}
Intersep	-2.0977	7.33×10^{-8}
Jenis Kelamin	-0.9019	9.28×10^{-4}
Jalur Masuk	-0.1282	0.377606
IPK	2.0013	1.55×10^{-9}
Latar Belakang Pendidikan	0.7912	7.225×10^{-3}

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa variabel jenis kelamin, IPK dan latar belakang pendidikan memiliki nilai $p_{value} < \alpha$. Berdasarkan hasil uji statistik ketika nilai $p_{value} < \alpha$ dapat diambil kesimpulan bahwa semua variabel berpengaruh signifikan terhadap variabel respon kecuali variabel jalur masuk.

b. Pemilihan Struktur Model *Slope* Acak

Setelah diperoleh model intersep acak terbaik maka akan dilakukan pembentukan model *slope* acak. Masing-masing variabel penjelas level 1 akan dijadikan efek acak untuk memperoleh model dengan *slope* acak terbaik.

Tabel 4.4 Hasil uji perbandingan model *slope* acak

Perbandingan Model	<i>p</i> value
Model M2 <i>slope</i> acak Jenis Kelamin	0.0645
Model M2 <i>slope</i> acak Jalur Masuk	1
Model M2 <i>slope</i> acak IPK	0.622
Model M2 <i>slope</i> acak Latar Belakang Pendidikan	1

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa variabel jenis kelamin, memiliki nilai $p_{value} < \alpha$ sehingga diambil kesimpulan bahwa hanya peubah jenis kelamin yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

c. Penambahan interaksi variabel penjelas level yang berbeda

Model multilevel logistik diperoleh dengan menambahkan interaksi variabel penjelas pada level yang berbeda [24]. Interaksi yang ditambahkan pada model antara Jenis Kelamin dengan akreditasi program studi, antara IPK dengan akreditasi prodi dan antara latar belakang pendidikan dengan akreditasi prodi. Tidak terdapat pengaruh yang nyata pada taraf $\alpha = 10\%$, artinya tidak terdapat interaksi antar variabel pada level yang berbeda, maka dalam kasus ini model akhir tidak ditambahkan interaksi variabel penjelas pada level yang berbeda. Sehingga hasil estimasi pada model akhir didapatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil estimasi parameter tetap model akhir

	Estimasi	<i>p</i> value
Intersep	-1.495970	2.47×10^{-2}
Jenis Kelamin	-0.841876	4.67×10^{-2}
Jalur Masuk	-0.180879	0.2483
IPK	2.175818	1.7×10^{-9}
Latar belakang pendidikan	0.893339	4.4×10^{-3}
Akreditasi Prodi	-0.460506	0.1197
Jumlah Mahasiswa	-0.001265	0.8157

Berdasarkan Tabel 4.5 terlihat bahwa variabel jenis kelamin, IPK dan latar belakang pendidikan memiliki nilai $p_{value} < \alpha$. Berdasarkan hasil uji statistik ketika nilai $p_{value} < \alpha$ sehingga disimpulkan bahwa semua parameter untuk variabel yang dimasukkan ke dalam model signifikan, kecuali untuk variabel jalur masuk.

d. Model Reduksi

Pada model akhir didapatkan hasil bahwa ada beberapa variabel penjelas yang tidak berpengaruh nyata pada taraf $\alpha = 10\%$ maka dilakukan model reduksi terhadap model akhir dengan cara mengeliminasi variabel penjelas yang paling tidak nyata yaitu jalur masuk dan jumlah mahasiswa.

Tabel 4.6 Hasil estimasi parameter tetap model akhir yang direduksi

	Estimasi	p_{value}
Intersep	-1.667	1.79×10^{-3}
Jenis Kelamin	-0.8293	4.22×10^{-2}
IPK	2.1321	2.21×10^{-9}
Latar Belakang Pendidikan	0.7812	7.9×10^{-3}
Akreditasi Prodi	-0.4760	6.6×10^{-2}

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas dapat dilihat bahwa semua variabel memiliki nilai $p_{value} < \alpha$. Berdasarkan tabel tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa parameter untuk variabel jenis kelamin, IPK, latar belakang pendidikan, serta akreditasi program studi berpengaruh signifikan.

Pemilihan Model Terbaik

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari analisis regresi logistik satu level dan regresi logistik multilevel, maka akan dipilih model terbaik menggunakan nilai AIC. Hal ini dapat di lihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan model terbaik

	AIC	p_{value}
Model logistik satu level	412.6	0.00
Model logistik multilevel	413.04	9.607×10^{-16}
Model logistik reduksi	410.46	$< 2.26 \times 10^{-16}$

Pada Tabel 4.7 memperlihatkan perbandingan model logistik satu level, model logistik multilevel sebelum direduksi dan model logistik multilevel setelah direduksi. Diantara ketiga model diatas model logistik multilevel setelah direduksi memiliki nilai p_{value} yang paling kecil dan nilai AIC yang paling rendah sehingga model terbaik yang lebih cocok adalah model logistik multilevel setelah direduksi. Hasil regresi yang terbentuk dari model terbaik adalah:

$$\text{logit}(\pi_{ij}) = \beta_{0j} - 0.8293JK + 2.1321 IPK + 0.7812 LBP,$$

dengan $\beta_{0j} = -1.667 - 0.4760AP$.

Sehingga model campuran yang didapatkan adalah

$$\text{logit}(\pi_{ij}) = -1.667 - 0.8293JK + 2.1321 IPK + 0.7812 LBP - 0.4760AP.$$

Interpretasi koefisien

Interpretasi pada regresi logistik dilakukan melalui *odds ratio* [25]. *Odds ratio* mengindikasikan seberapa besar kemungkinan munculnya kejadian sukses pada suatu kelompok dibandingkan dengan kelompok lainnya atau dengan kata lain rasio dari peluang kejadian A dengan rasio peluang kejadian lainnya. Nilai dugaan *odds ratio* dari model terbaik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 *Odds ratio* variabel penjelas yang nyata

	OR	2.5 %	97.5 %
	0.2469885	0.07094226	0.8218451
X_1	0.4045267	0.23314309	0.6906972
X_3	7.5378777	4.02464702	15.1206855
X_4	2.3272184	1.30676904	4.2315214
Z_1	0.6507979	0.37894808	1.1086713

Tabel 4.8 menunjukkan nilai *odds ratio* untuk variabel X_1, X_3, X_4, Z_1 . Dengan menggunakan selang kepercayaan 90% dapat dijelaskan bahwa mahasiswa laki-laki memiliki kecenderungan lulus tepat waktu antara 0.4 kali dari pada mahasiswa perempuan. Variabel IPK berpengaruh signifikan terhadap ketepatan waktu mahasiswa dengan nilai $p_{value} = 2.21 \times 10^{-9} < \alpha$, dengan nilai *odds ratio* 7.537 yang berarti mahasiswa yang memiliki IPK > 3.50 memiliki peluang 7.537 dibanding mahasiswa dengan IPK ≤ 3.50 . *Odds ratio* lulus tepat waktu dari mahasiswa berdasarkan latar belakang pendidikan, mahasiswa dari sekolah menengah atas memiliki kecenderungan lulus tepat waktu sebesar 2.33 kali dibandingkan dengan mahasiswa dari sekolah menengah kejuruan. Program studi akreditasi A memiliki peluang 0.65 kali dibanding akreditasi B dan C.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah

1. model akhir yang didapatkan menggunakan regresi logistik multilevel dengan nilai ragam level 2 adalah 0.2659 dan ragam *slope* acak pada jenis kelamin 1.7480 adalah $logit(\pi_{ij}) = -1.667 - 0.8293JK + 2.1321 IPK + 0.7812 LBP - 0.4760AP + u_{0j} + u_{1j}JK$,
2. adapun faktor yang berpengaruh terhadap ketepatan waktu lulus mahasiswa program sarjana UIN Alauddin Makassar angkatan 2016 pada level 1 adalah jenis kelamin, indeks prestasi kumulatif (IPK) dan latar belakang pendidikan sedangkan level kedua variabel yang berpengaruh adalah akreditasi program studi.

Daftar Pustaka

- [1] P.D. Allison, "Multiple Regression," London: A Primer 3, 1999.
- [2] N. Nurganita, "Identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi ketepatan waktu kelulusan mahasiswa program sarjana IPB," *skripsi*, 2015.
- [3] W. Agwil, H. Fransiska, N. Hidayati, "Analisis ketepatan waktu lulus mahasiswa dengan menggunakan *bagging cart*," *J. Pendidikan Matematika dan Matematika*, vol. 6, no. 2, pp. 155-166, 2015. [[CrossRef](#)]
- [4] I.G.A.M. Srinadi, D.P.E. Nilakusmawati, "Analisis waktu kelulusan mahasiswa FMIPA Universitas Udayana dan faktor-faktor yang memengaruhinya," *E-Jurnal Matematika*, vol. 9, no. 3, pp. 205-212, September 2020. [[CrossRef](#)]
- [5] Z. Aprilia, F.M. Afendi, A. Rizki "Penerapan regresi logistik biner multilevel terhadap ketepatan waktu lulus mahasiswa program magister sekolah pascasarjana IPB" *Xplore: Journal of Statistic*, vol. 10, no. 2, pp. 102-111, 2021. [[CrossRef](#)]
- [6] S. Daruyani, Y. Wilandari, H. Yasin, " Faktor-faktor yang mempengaruhi status kelulusan berdasarkan jalur masuk mahasiswa dengan model regresi logistik biner bivariat (Studi kasus mahasiswa FSM Universitas Diponegoro)," *Jurnal Gaussian*, vol. 2, no. 4, pp. 385-394, 2013. [[CrossRef](#)]
- [7] H. Goldstein, "Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods," *J Am Stat Assoc*, vol. 88, no. 421, p. 386, 1993. [[GoogleScholar](#)]
- [8] B.S. Jones, M.R. Steenbergen, "Modelling multilevel data structures", Paper prepared in 14th annual meeting of the political methodology society, 1997.
- [9] R.H. Heck, S.L. Thomas, "*An Introduction to Multilevel Modeling Techniques*," *Routledge*, e-book, 2020. [[CrossRef](#)]
- [10] Jr., J. F. Hair, L.P. Fávero, "Multilevel modeling for longitudinal data concepts and applications," *RAUSP Management Journal*, vol. 54, no. 4, pp. 495-489, 2019. [[CrossRef](#)]
- [11] H. Goldstein, "*Multilevel Statistical Model*," London: e-book, 2011.
- [12] D.W. Hosmer, S. Lemeshow, "*Applied Logistic Regression*," second edition ed., New York, 2000.
- [13] G.Y. Wong, W.M. Mason, *The Hierarchical Logistic Regression Model for Multilevel Analysis*, 1985.

- [14] P.C. Austin, J. Merlo, "Intermediate and advanced topics in multilevel logistic regression analysis," *Stat Med*, vol. 36, no. 20, pp. 3257-3277, 2017. [[CrossRef](#)]
- [15] S. Shi, H. Li, X. Ding, X. Gao, "Effects of household features on residential window opening behaviors: A multilevel logistic regression study," *Build Environ*, vol. 170, 106610, Maret 2020. [[CrossRef](#)]
- [16] M.A. Preciado, J.L. Krull, A.Hicks, J.D. Gipson, "Using a dyadic logistic multilevel model to analyze couple data," *Contraception*, vol. 93, pp. 113–118, February 2016. [[CrossRef](#)]
- [17] I. Husniyati, "Penerapan regresi logistik biner multilevel terhadap nilai akhir metode statistika tahun 2008/2009 (Studi Kasus: Fakultas MIPA IPB)," *Skripsi*, 2010. [[GreenVersion](#)]
- [18] B. Tantular, "Pemodelan regresi multilevel ordinal pada data pendidikan dan data nilai ujian di Jawa Barat," *Prosiding Sempoa: Seminar Nasional, Pameran Alat Peraga, dan Olimpiade Matematika 2*, 2016. [[CrossRef](#)]
- [19] Sumartini, Disman, "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi penyelesaian studi tepat waktu serta implikasinya terhadap kualitas lulusan," *Indonesian Journal of Economics Education*, vol. 1, no. 1, pp. 43–54, 2018. [[GreenVersion](#)]
- [20] P. Bliese, "Multilevel Modeling in R (2.7) A Brief Introduction to R, the multilevel package and the nlme package," 2022. [[GreenVersion](#)]
- [21] E.M. Kleiman, "Understanding and analyzing multilevel data from real-time monitoring studies: An easily-accessible tutorial using R." [[GreenVersion](#)]
- [22] T.A.B. Snijders, R.J. Bosker, "*Multilevel Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Multilevel Modeling*," SAGE Publications, 1999. [[GreenVersion](#)]
- [23] M. Faturahman, "Pemilihan model regresi terbaik menggunakan Akaike's information criterion dan schwarz information" *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 3, pp. 37-41, 2009. [[CrossRef](#)]
- [24] H. Rachmat, B. Susetyo, Indahwati, Rahmawati, "Applied of multivariate multilevel modeling for student cognitive achievement analysis in AKSI 2019 survey," *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR) International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, vol. 55, no. 1, pp. 190–200, 2021. [[CrossRef](#)]
- [25] J.A. Nelder and R.W.M. Wedderburn, "Generalized Linear Models," *J R Stat Soc Ser A*, vol. 135, no. 3, pp. 370–384, 1972. [[CrossRef](#)]