

**ANALISIS REGRESI DENGAN METODE *PARTIAL LEAST SQUARE*
DENGAN *COPULA GAUSSIAN* DALAM MENGIDENTIFIKASI
ENDOGENITAS VARIABEL PADA DATA INDEKS KINERJA EKONOMI**

SKRIPSI

*diajukan untuk memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Matematika*



Oleh

Mochammad Dhiya Agung Majdi

NIM. 2108008

**PROGRAM STUDI S1 MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

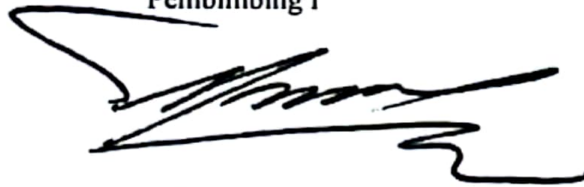
LEMBAR PENGESAHAN

MOCHAMMAD DHIYA AGUNG MAJDI

**ANALISIS REGRESI DENGAN METODE *PARTIAL LEAST SQUARE*
DENGAN *COPULA GAUSSIAN* DALAM MENGIDENTIFIKASI
ENDOGENITAS VARIABEL PADA DATA INDEKS KINERJA EKONOMI**

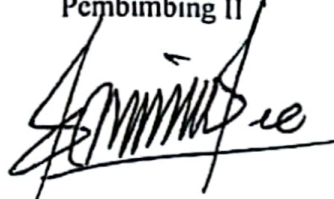
Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Drs. Nar Herrhyanto, M.Pd.
NIP. 196106181987031001

Pembimbing II



Dr. Lukman, S.Si., M.Si.
NIP. 196801281994021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.
NIP. 198207282005012001

LEMBAR HAK CIPTA

ANALISIS REGRESI DENGAN METODE *PARTIAL LEAST SQUARE* DENGAN *COPULA GAUSSIAN* DALAM MENGIDENTIFIKASI ENDOGENITAS VARIABEL PADA DATA INDEKS KINERJA EKONOMI

Oleh
Mochammad Dhiya Agung Majdi
2108008

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Matematika pada
Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Mochammad Dhiya Agung Majdi 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin penulis

ABSTRAK

Dalam era globalisasi dengan dinamika ekonomi yang kompleks, pemahaman terhadap faktor-faktor yang memengaruhi kinerja ekonomi menjadi krusial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara beberapa indikator ekonomi utama, yaitu Produk Domestik Bruto (PDB), Indeks Harga Konsumen Nasional (IHKN), nilai ekspor, nilai impor, dan uang beredar dengan pendekatan metodologi yang mampu menangani keterbatasan regresi linier klasik. Salah satu tantangan utama dalam analisis ekonomi adalah masalah endogenitas, yang dapat menyebabkan bias dalam estimasi hubungan antarvariabel. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini menggabungkan metode *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) dengan pendekatan *Copula Gaussian*. PLS-SEM digunakan untuk memodelkan hubungan kompleks antarvariabel laten, tanpa ketergantungan pada asumsi distribusi normal. *Copula* memungkinkan pemodelan hubungan dependensi antarvariabel ekonomi yang tidak selalu bersifat linier atau simetris. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak adanya endogenitas pada data setelah diuji menggunakan pendekatan *Copula* sehingga dapat dilakukan estimasi terhadap variabel dependen dalam hal ini PDB yang hasilnya memiliki tingkat akurasi yang sangat baik dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 1,608%. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi metode PLS-SEM dan *Copula Gaussian* efektif dalam menganalisis kinerja ekonomi dan dapat menjadi pendekatan yang andal untuk penelitian ekonomi makro yang kompleks.

Kata kunci: PDB, *Copula Gaussian*, PLS-SEM, endogenitas, indikator ekonomi

ABSTRACT

In the era of globalization with increasingly complex economic dynamics, understanding the factors that influence economic performance is crucial. This study aims to analyze the relationships among several key economic indicators, namely Gross Domestic Product (GDP), National Consumer Price Index (NCPI), export value, import value, and money supply, using a methodological approach that addresses the limitations of classical linear regression. One of the main challenges in economic analysis is the issue of endogeneity, which can lead to biased estimates of relationships among variables. To address this, the study combines the Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) method with the Gaussian Copula approach. PLS-SEM is used to model complex relationships among latent variables, without relying on the assumption of normal distribution. Copulas enable the modeling of dependency relationships among economic variables that are not necessarily linear or symmetric. The results of this study indicate the absence of endogeneity in the data after testing with the Copula approach, allowing for the estimation of GDP with a very high level of accuracy, as reflected by a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 1,608%. These findings indicate that the combination of PLS-SEM and Gaussian Copula methods is effective in analyzing economic performance and can be a reliable approach for complex macroeconomic research.

Keywords: GDP, Gaussian Copula, PLS-SEM, endogeneity, economic indicators

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR HAK CIPTA	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Manfaat penelitian	9
1.5 Batasan Masalah	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA	11
2.1 Regresi	11
2.1.1 SEM (<i>Structural Equation Model</i>).....	12
2.1.2 PLS SEM (<i>Partial Least Square Structural Equation Model</i>)	12
2.1.3 PLS SEM dengan SmartPLS.....	12
2.1.4 Asumsi PLS SEM	13

2.1.5	Penggunaan PLS SEM untuk Perolehan Variabel Laten ..	15
2.1.6	Variabel Laten dengan Satu Indikator	16
2.1.7	Evaluasi Model	17
2.1.8	Pengujian Hipotesis.....	20
2.2	<i>Copula</i>	21
2.2.1	Fungsi <i>Copula</i>	22
2.2.2	Teorema Sklar	23
2.2.3	<i>Copula Archimedean</i>	24
2.2.4	<i>Copula Ellips</i>	25
2.2.5	<i>Copula Gaussian</i>	25
2.2.6	Estimasi <i>Copula</i>	27
2.3	<i>Goodness of Fit</i>	28
2.4	MAPE	30
2.5	<i>Mean Squared Error</i>	31
BAB III METODE PENELITIAN.....		33
3.1	Sumber data	33
3.2	Metodologi Pengumpulan Data	35
3.3	Metode Analisis data.....	35
3.4	Diagram Alur	40
BAB IV PEMBAHASAN.....		42
4.1	Data Penelitian	42
4.2	<i>Goodness of Fit</i>	44
4.3	Penggunaan PLS SEM.....	45
4.4	Regresi Linier dengan <i>Copula Gaussian</i>	49
4.5	Peramalan Dengan PLS	54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Penelitian	42
Tabel 4.2 Hasil Uji Statistik Variabel Y	44
Tabel 4.3 Hasil Uji Statistik Variabel X1	44
Tabel 4.4 Hasil Uji Statistik Variabel X2	44
Tabel 4.5 Hasil Uji Statistik Variabel X3	44
Tabel 4.6 Hasil Uji Statistik Variabel X4	45
Tabel 4.7 Nilai Statistik Validitas Konvergen	47
Tabel 4.8 Nilai Statistik Validitas Diskriminan.....	48
Tabel 4.9 Nilai Statistik Realibilitas Komposit.....	48
Tabel 4.10 Nilai Statistik <i>R square</i>	49
Tabel 4.11 Nilai Statistik <i>Copula</i> Model 1.....	50
Tabel 4.12 Nilai Statistik <i>Copula</i> Model 2.....	51
Tabel 4.13 Nilai Statistik <i>Copula</i> Model 3.....	51
Tabel 4.14 Nilai Statistik <i>Copula</i> Model 4.....	52
Tabel 4.15 Nilai Statistik <i>Copula</i> Model 5.....	52
Tabel 4.16 Nilai Statistik <i>Copula</i> Model 6.....	53
Tabel 4.17 Nilai Statistik <i>Copula</i> Model 7.....	54
Tabel 4.18 Nilai <i>Cross Validation</i>	55
Tabel 4.19 Nilai Variasi Model	56
Tabel 4.20 Perbandingan Nilai PDB (Bagian 1)	58
Tabel 4.21 Perbandingan Nilai PDB (Bagian 2)	58
Tabel 4.22 Perbanding Nilai MAPE dan MSE.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	41
Gambar 4.1 Struktur PLS-SEM	46
Gambar 4.2 Struktur PLS-SEM Setelah Dihitung	46
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Hasil Estimasi dan Nilai Sebenarnya.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Indeks Kinerja Ekonomi Indonesia Tahun 2021-2024.....	67
Lampiran 2. <i>Coding Uji Goodness of Fit</i> Variabel X_1 Menggunakan <i>Phyton</i> ...	69
Lampiran 3. <i>Coding Uji Goodness of Fit</i> Variabel X_2 Menggunakan <i>Phyton</i> ...	71
Lampiran 4. <i>Coding Uji Goodness of Fit</i> Variabel X_3 Menggunakan <i>Phyton</i> ...	73
Lampiran 5. <i>Coding Uji Goodness of Fit</i> Variabel X_4 Menggunakan <i>Phyton</i> ...	75
Lampiran 6. <i>Coding Uji Goodness of Fit</i> Variabel Y Menggunakan <i>Phyton</i>	77
Lampiran 7. Data Skor Laten hasil PLS menggunakan Software SMARTPLS4	79
Lampiran 8. Output <i>Coding Uji Goodness of Fit</i> Menggunakan <i>Phyton</i>	81
Lampiran 9. <i>Coding</i> regresi dengan pendekatan <i>Copula</i> menggunakan software R 4.5.0	86
Lampiran 10. <i>Output Coding</i> regresi dengan pendekatan <i>Copula</i> menggunakan software R 4.5.0	90
Lampiran 11. <i>Coding</i> PLS regresi menggunakan software R 4.5.0	100
Lampiran 12. <i>Output Coding</i> PLS regresi menggunakan software R 4.5.0	105

DAFTAR PUSTAKA

- Ané, T., & Kharoubi, C. (2003). Dependence structure and risk measures. *Journal of Business*, 76(3), 411–438. University of Chicago Press, United States.
- Anisha, E., Maruddani, D. I. A., & Fakultas Sains dan Matematika. (2021). Copula Frank untuk perhitungan Value at Risk portofolio bivariat pada model exponential generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *Gaussian: Journal of Statistics*, 10, 562–572. Universitas Diponegoro.
- Antonakis, J., Bendahan, S., Jacquart, P., & Lalive, R. (2010). On making causal claims: A review and recommendations. *The Leadership Quarterly*, 21(6), 1086–1120. Elsevier, Netherlands.
- Bank Indonesia. (2020). Laporan perekonomian Indonesia 2020. Bank Indonesia.
- Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic growth* (2nd ed.). MIT Press, United States.
- Bechger, T. M., & Maris, G. (2015). A statistical test for the Rasch model. *Applied Psychological Measurement*, 39(5), 345–357. Sage Publications, United States.
- Bertsekas, D. P., & Tsitsiklis, J. N. (2000). *Introduction to probability*. Athena Scientific, United States.
- Bickel, P. J., Diggle, P., Fienberg, S., Gather, U., Olkin, I., & Zeger, S. (2006). *Springer series in statistics*. Springer, Germany.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. Wiley, United States.
- Chen, Y., et al. (2020). Using copulas to address endogeneity in structural equation modeling. *Journal of Business Research*, 112, 1–10. Elsevier, Netherlands.
- Cherubini, U., Luciano, E., & Vecchiato, W. (2004). *Copula methods in finance*. Wiley, United Kingdom.
- Coles, S. (2001). *An introduction to statistical modeling of extreme values*. Springer, Germany.
- Deny. (2008, April 11). Asumsi regresi linier klasik. Diakses dari Forum Statistika: “Speaks With Data”. Forum Statistika.
- Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1993). *An introduction to the bootstrap*. Chapman & Hall, United Kingdom.

- Evans, M., Hastings, N., & Peacock, B. (2000). *Statistical distributions* (3rd ed.). Wiley-Interscience, United States.
- Falitho, I. R. (2020). Analisis keterkaitan antara jumlah uang beredar dan PDB riil Indonesia (periode 2010.1–2018.12). *Diponegoro Journal of Economics*, 9(3). Universitas Diponegoro.
- Firmansyah, D., & Siregar, H. (2021). Modeling economic growth in Indonesia using structural equation modeling (SEM). *Journal of Indonesian Applied Economics*, 13(2), 89–102. Universitas Brawijaya.
- Fornell, C. (1982). A second generation of multivariate analysis: Synthesis of the literature and a framework for future research. In C. Fornell (Ed.), *A second generation of multivariate analysis* (Vol. 1, pp. 1–25). Praeger, United States.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50. SAGE Publications, United States.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Pearson, United States.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2014). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. Sage Publications, United States.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., & Danks, N. P. (2022). *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook*. Springer, Germany.
- Hans, N., Klein, N., Faschingbauer, F., Schneider, M., & Mayr, A. (2023). Boosting distributional copula regression. *Biometrics*, 79(3), 2298–2310. Wiley, United Kingdom.
- Harahap, D. A., & Gunawan, D. (2020). Pengaruh stabilitas ekonomi terhadap investasi asing langsung di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi dan Pembangunan*, 20(1), 25–34. Universitas Sebelas Maret.
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sinkovics, R. R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing. In R. R. Sinkovics & P. N. Ghauri (Eds.), *New challenges to international marketing* (pp. 277–319). Emerald Group Publishing Limited, United Kingdom.
- Hult, G. T. M., Hair, J. F., Proksch, D., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2018). Addressing endogeneity in international marketing applications of partial least squares structural equation modeling.

- Journal of International Marketing, 26(3), 1–21. SAGE Publications, United States.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning: With applications in R*. Springer, United States.
- Latifah, U. (2022). Analisis ekspor impor terhadap indeks harga konsumen periode 2017–2021 menggunakan regresi berganda. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. Butterworths, United Kingdom.
- Limpert, E., Stahel, W. A., & Abbt, M. (2001). Log-normal distributions across the sciences: Keys and clues. *BioScience*, 51(5), 341–352. Oxford University Press, United States.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: Methods and applications* (3rd ed.). Wiley, United States.
- Massey, F. J. (1951). The Kolmogorov–Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46(253), 68–78. American Statistical Association, United States.
- Nelsen, R. B. (2006). *An introduction to copulas* (2nd ed.). Springer, Germany.
- Park, S., & Gupta, S. (2012). Handling endogenous regressors by joint estimation using copulas. *Marketing Science*, 31(4), 567–586. INFORMS, United States.
- Petter, S., Straub, D., & Rai, A. (2007). Specifying formative constructs in information systems research. *MIS Quarterly*, 31(4), 623–656. Management Information Systems Research Center, United States.
- Purnama, H., & Nugroho, D. (2022). A copula-based approach to examine the dependence structure of macroeconomic variables in Indonesia. *Indonesian Journal of Statistics and Economics*, 9(1), 40–52. Universitas Islam Indonesia.
- Rahayu, S., & Pratiwi, P. N. (2021). Pengaruh suku bunga, inflasi, dan nilai tukar terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan*, 22(1), 45–56. Universitas Negeri Malang.
- Rigdon, E. E., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2017). On comparing results from CB-SEM and PLS-SEM: Five perspectives and five

- recommendations. *Marketing ZFP – Journal of Research and Management*, 39(3), 4–16. Nomos Verlagsgesellschaft, Germany.
- Rinadi, G. A., Sasongko, L. R., & Susanto, B. (2019). Regresi median pada copula bivariat. *Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika (JTAM)*, 3(1), 7–12. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Hair, J. F. (2017). Partial least squares structural equation modeling. In H. Latan & R. Noonan (Eds.), *Partial least squares path modeling: Basic concepts, methodological issues and applications* (pp. 1–40). Springer, Germany.
- Schweizer, B., & Sklar, A. (1991). *Probabilistic metric spaces*. Elsevier, Netherlands.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591–611. Oxford University Press, United Kingdom.
- Sklar, A. (1959). Distribution functions in n dimensions and their margins. *Publications of the Institute of Statistics of the University of Paris*, 8, 229–231. France.
- Solimun. (2010). *PLS-SEM: Pendekatan alternatif untuk analisis data*. Universitas Brawijaya.
- Song, P. X.-K., Li, M., & Lin, F. (2009). Variable selection in copula models with application to longitudinal data. *Biometrics*, 65(3), 630–637. Wiley, United Kingdom.
- Syeh, F. I. (2013). *Pengaruh ekspor-impor dan indeks harga konsumen (IHK) terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Tse, Y. K. (2009). *Nonlife actuarial models: Theory, methods & evaluation*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Wang, Y., et al. (2021). Copula Gaussian and PLS-SEM: A new approach to address endogeneity in marketing research. *Journal of Marketing Research*, 58(2), 245–260. SAGE Publications, United States.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18(3), 293–297. ASME, United States.
- Widodo, T. (2017). The effect of fiscal policy on Indonesia's economic performance: A vector autoregression (VAR) approach. *Economic Journal of Emerging Markets*, 9(2), 181–191. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Wold, H. (1982). Soft modeling: The basic design and some extensions.
In H. Wold (Ed.), *Systems under indirect observation: Causality, structure, prediction* (Vol. 2, pp. 1–54). North-Holland, Netherlands.