



Analisis Profitabilitas dan Risiko Operasional Restoran Ayam Bakar Menggunakan Simulasi Monte Carlo

Muhammad Ashbar As-Silmy^{1✉}, Muhammad Rizky Akbar Nasution¹, Ryan Adriansyah¹, Radith Atilasyah¹, Ryu Arfan Setiawan¹

⁽¹⁾Universitas AI – Azhar, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.55898

✉ Corresponding author:
[ashbar401@gmail.com]

Article Info	Abstrak
<i>Kata kunci:</i> <i>Simulasi Monte Carlo;</i> <i>Profitabilitas;</i> <i>Analisis Risiko;</i> <i>Distribusi Probabilitas;</i> <i>Manajemen Operasional;</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profitabilitas dan risiko operasional Restoran Ayam Bakar menggunakan pendekatan simulasi Monte Carlo berbasis data historis periode 2022–2026. Variabel yang dianalisis meliputi jumlah pelanggan, harga jual, biaya bahan baku, dan biaya operasional tetap. Model profit dirumuskan secara matematis dan disimulasikan sebanyak 10.000 iterasi untuk memperoleh distribusi probabilitas profit harian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata profit harian sebesar ±Rp 1,57 juta dengan probabilitas profit positif yang sangat tinggi serta risiko kerugian yang minimal. Analisis korelasi menunjukkan bahwa harga memiliki hubungan positif dengan profit, namun jumlah pelanggan merupakan faktor paling dominan dalam menentukan variasi keuntungan. Konvergensi simulasi yang stabil menunjukkan bahwa model yang digunakan reliabel dan valid. Temuan ini menegaskan bahwa simulasi Monte Carlo efektif sebagai alat pendukung keputusan dalam evaluasi kelayakan finansial dan manajemen risiko usaha kuliner.
<i>Keywords:</i> <i>Monte Carlo Simulation;</i> <i>Profitability;</i> <i>Risk Analysis;</i> <i>Probability Distribution;</i> <i>Operational Management</i>	Abstract <i>This study aims to analyze the profitability and operational risk of a grilled chicken restaurant using a Monte Carlo simulation approach based on historical data from 2022–2026. The analyzed variables include number of customers, selling price, raw material cost, and fixed operational cost. A mathematical profit model was simulated through 10,000 iterations to obtain the probability distribution of daily profit. The results indicate an expected daily profit of approximately IDR 1.57 million with a very high probability of positive returns and minimal risk of loss. Correlation analysis reveals that price has a positive relationship with profit; however, the number of customers is identified as the most dominant factor influencing profitability. The stable convergence of the simulation confirms the reliability and validity of the model. These findings demonstrate that Monte Carlo simulation is an</i>

1. PENDAHULUAN

Industri kuliner merupakan salah satu sektor usaha yang berkembang pesat dan memiliki tingkat persaingan yang tinggi. Meskipun peluang pasar relatif besar, bisnis restoran menghadapi berbagai bentuk ketidakpastian yang dapat memengaruhi kinerja operasional dan finansial (Al-Hammadi & Gungormusler, 2024). Fluktuasi jumlah pelanggan, perubahan harga bahan baku, variasi biaya operasional, serta dinamika preferensi konsumen merupakan faktor-faktor yang secara langsung berdampak terhadap profitabilitas usaha. Dalam kondisi tersebut, pengambilan keputusan berbasis intuisi semata menjadi kurang memadai, sehingga diperlukan pendekatan analitis yang mampu mengakomodasi unsur ketidakpastian secara kuantitatif (Castro et al., 2024).

Dalam praktik manajemen operasional, analisis kelayakan finansial umumnya dilakukan menggunakan pendekatan deterministik, yaitu dengan menggunakan nilai rata-rata sebagai dasar perhitungan. Namun, pendekatan ini sering kali tidak mampu menggambarkan variasi dan risiko yang melekat pada variabel-variabel bisnis. Akibatnya, estimasi keuntungan yang dihasilkan cenderung mengabaikan kemungkinan terjadinya skenario ekstrem, baik berupa kerugian maupun keuntungan yang melebihi ekspektasi. Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu memodelkan variabilitas input dan mengestimasi distribusi output secara lebih realistis (Soldouz & Hellinga, 2025).

Simulasi Monte Carlo merupakan salah satu metode komputasi yang banyak digunakan untuk menganalisis sistem dengan variabel acak. Metode ini bekerja dengan menghasilkan sejumlah besar sampel acak berdasarkan distribusi probabilitas tertentu, kemudian menghitung hasil dari setiap iterasi untuk memperoleh distribusi kemungkinan dari variabel output (Zhu & Zou, 2024). Keunggulan utama pendekatan ini terletak pada kemampuannya dalam mengukur risiko, menghitung probabilitas pencapaian target, serta mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh terhadap hasil akhir (Iqbal et al., 2022).

Pada konteks bisnis restoran, penerapan simulasi Monte Carlo memungkinkan manajemen untuk mengevaluasi profitabilitas harian dengan mempertimbangkan variasi jumlah pelanggan, harga jual, biaya bahan baku, dan biaya operasional tetap (Wu & Long, 2022). Dengan demikian, analisis tidak hanya berfokus pada nilai rata-rata keuntungan, tetapi juga pada distribusi risiko, probabilitas kerugian, serta sensitivitas terhadap perubahan parameter tertentu. Informasi tersebut sangat penting sebagai dasar penyusunan strategi operasional dan pengelolaan risiko (Zou et al., 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profitabilitas dan risiko operasional Restoran Ayam Bakar menggunakan pendekatan simulasi Monte Carlo. Secara khusus, penelitian ini berupaya untuk: (1) mengestimasi distribusi profit harian berdasarkan variabel acak yang relevan, (2) menghitung probabilitas pencapaian target keuntungan dan risiko kerugian, serta (3) mengidentifikasi variabel yang memiliki kontribusi paling signifikan terhadap variasi profit melalui analisis sensitivitas. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi berbasis data dalam mendukung pengambilan keputusan yang lebih rasional dan terukur.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi Monte Carlo untuk menganalisis profitabilitas dan risiko operasional Restoran Ayam Bakar dalam kondisi ketidakpastian. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari sistem *point of sale* (POS) periode 2022–2026, meliputi jumlah pelanggan harian (Q), harga jual per porsi (P), biaya bahan baku per porsi (C), dan biaya operasional tetap harian (F). Profit harian (π) dirumuskan dalam model matematis $\pi = (Q \times (P - C)) - F$ sebagai dasar perhitungan pada setiap iterasi simulasi. Tahap awal penelitian dilakukan melalui analisis statistik deskriptif untuk mengetahui karakteristik data, termasuk nilai rata-rata, standar deviasi, minimum, dan maksimum. Selanjutnya dilakukan uji kesesuaian distribusi menggunakan uji Kolmogorov–Smirnov dan chi-square pada tingkat signifikansi 5% untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling representatif bagi masing-masing variabel (Wannenburg et al., 2026).

Berdasarkan hasil pengujian, jumlah pelanggan (Q), biaya bahan baku (C), dan biaya operasional tetap (F) diasumsikan mengikuti distribusi Normal, sedangkan harga jual (P) dimodelkan menggunakan distribusi Triangular karena memiliki nilai minimum, maksimum, dan nilai paling mungkin (*most likely value*). Simulasi Monte Carlo dijalankan sebanyak 10.000 iterasi menggunakan algoritma *pseudo-random* Mersenne Twister (MT19937), dengan transformasi Box–Muller untuk menghasilkan variabel berdistribusi Normal dan metode *inverse transform*

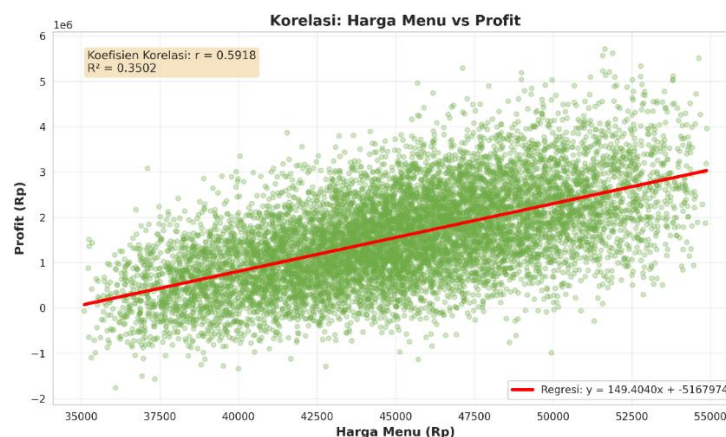
untuk distribusi Triangular (Pourkheirollah et al., 2023). Hasil simulasi dianalisis untuk memperoleh nilai ekspektasi profit, standar deviasi, interval kepercayaan 95%, distribusi persentil, probabilitas pencapaian target, serta Value at Risk (VaR) sebagai ukuran risiko finansial. Selain itu, dilakukan analisis sensitivitas melalui variasi parameter $\pm 20\%$ dan korelasi Spearman untuk mengidentifikasi variabel yang paling dominan, serta validasi model melalui uji konvergensi, independensi, normalitas output, dan autokorelasi guna memastikan stabilitas dan reliabilitas hasil simulasi (Pourkheirollah et al., 2023).

Hasil simulasi dianalisis untuk memperoleh nilai ekspektasi profit, standar deviasi, interval kepercayaan 95%, distribusi persentil, probabilitas pencapaian target, serta Value at Risk (VaR) sebagai ukuran risiko finansial. Analisis sensitivitas dilakukan melalui variasi parameter $\pm 20\%$ dan korelasi Spearman untuk mengidentifikasi variabel paling dominan terhadap profitabilitas. Validasi model mencakup uji konvergensi, independensi, normalitas output, dan autokorelasi guna memastikan stabilitas dan reliabilitas hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profitabilitas dan risiko operasional Restoran Ayam Bakar menggunakan pendekatan simulasi Monte Carlo. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model mampu menggambarkan distribusi probabilitas profit secara komprehensif dengan mempertimbangkan variabilitas jumlah pelanggan, harga jual, biaya bahan baku, dan biaya operasional tetap. Berdasarkan 10.000 iterasi simulasi, diperoleh nilai rata-rata (expected profit) sebesar $\pm \text{Rp } 1.569.950$ per hari dengan tingkat variasi yang moderat. Nilai ini mencerminkan kondisi operasional yang secara umum stabil dan menguntungkan (Abuhishmeh et al., 2025; Zhang et al., 2026).

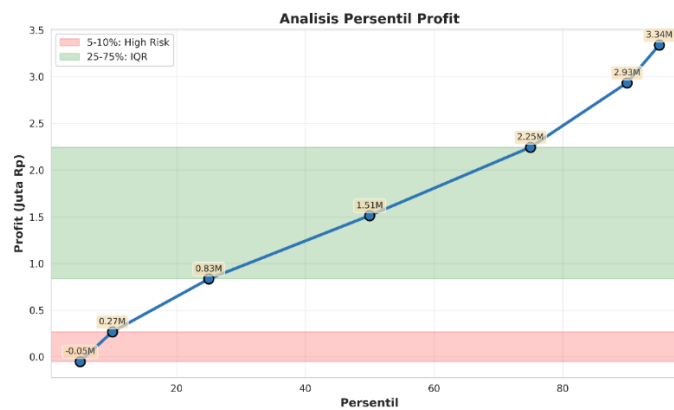
Distribusi input jumlah pelanggan menunjukkan pola yang mengikuti distribusi Normal dengan rata-rata sekitar 149–150 pelanggan per hari dan standar deviasi sekitar 25 pelanggan. Kurva distribusi berbentuk simetris mengindikasikan bahwa fluktuasi permintaan berada dalam batas wajar tanpa adanya penyimpangan ekstrem. Rentang satu standar deviasi ($\mu \pm \sigma$) berada pada kisaran 125 hingga 175 pelanggan per hari, yang berarti sebagian besar kondisi operasional berada dalam interval tersebut. Stabilitas distribusi ini memperkuat validitas asumsi probabilistik dalam model Monte Carlo dan menunjukkan bahwa permintaan pasar relatif konsisten selama periode pengamatan 2022–2026.



Gambar 1. Korelasi antara Harga Menu dan Profit Harian Restoran Ayam Bakar

Gambar 1 menunjukkan hubungan linier antara harga menu dan profit harian restoran. Hasil regresi menghasilkan koefisien korelasi sebesar $r = 0,5918$, yang menunjukkan hubungan positif dengan kekuatan sedang. Koefisien determinasi $R^2 = 0,3502$ mengindikasikan bahwa sekitar 35% variasi profit dapat dijelaskan oleh perubahan harga. Garis regresi yang menanjak memperlihatkan bahwa kenaikan harga cenderung meningkatkan profit melalui peningkatan margin per unit.

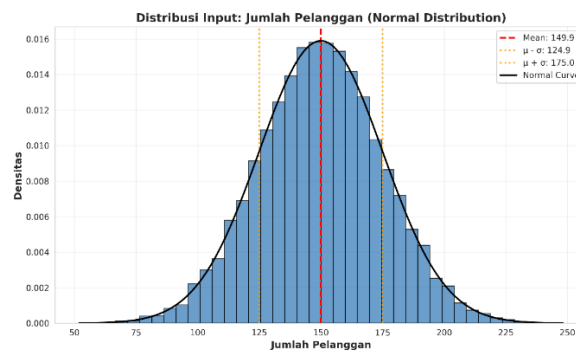
Namun demikian, nilai R^2 yang tidak terlalu tinggi menunjukkan bahwa harga bukan satu-satunya faktor penentu profitabilitas. Sebanyak 65% variasi profit dipengaruhi oleh variabel lain, terutama jumlah pelanggan dan biaya operasional. Hal ini menegaskan bahwa strategi harga harus dipadukan dengan strategi peningkatan volume penjualan agar dampaknya terhadap profit menjadi optimal.



Gambar 2. Analisis Distribusi dan Persentil Hasil Simulasi Monte Carlo

Gambar 2 menampilkan distribusi persentil profit hasil 10.000 iterasi simulasi Monte Carlo. Median profit berada pada sekitar **Rp 1,51 juta**, yang merepresentasikan kondisi operasional paling umum terjadi. Rentang interquartile (Rp 0,83 juta hingga Rp 2,25 juta) menunjukkan zona profit stabil di mana sebagian besar skenario berada.

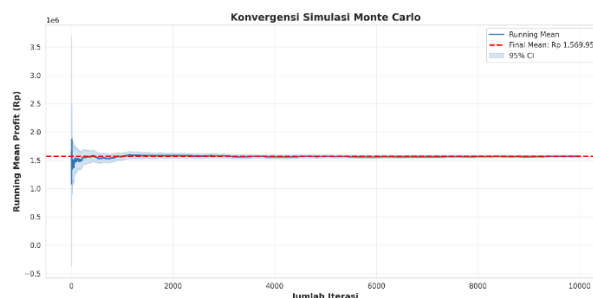
Pada persentil ke-5, profit mendekati nol atau sedikit negatif, yang menunjukkan bahwa risiko kerugian sangat rendah. Sebaliknya, pada persentil ke-95, profit dapat mencapai sekitar **Rp 3,34 juta**, menggambarkan potensi keuntungan maksimum dalam kondisi optimal. Distribusi ini menunjukkan bahwa usaha memiliki tingkat ketahanan finansial yang baik dan probabilitas profit positif yang sangat tinggi.



Gambar 3. Distribusi Probabilitas Jumlah Pelanggan Harian

Gambar 3 memperlihatkan histogram jumlah pelanggan harian yang mengikuti pola distribusi Normal dengan rata-rata sekitar 150 pelanggan per hari dan standar deviasi ± 25 pelanggan. Bentuk kurva yang simetris menunjukkan bahwa variasi permintaan bersifat alami dan tidak mengalami penyimpangan ekstrem.

Rentang satu standar deviasi (125–175 pelanggan) mencerminkan batas operasional normal restoran. Stabilitas distribusi ini penting karena jumlah pelanggan merupakan variabel paling dominan dalam menentukan profit. Konsistensi pola distribusi memperkuat validitas asumsi probabilistik dalam simulasi Monte Carlo (Nguyen et al., 2025).



Gambar 3. Distribusi Probabilitas Jumlah Pelanggan Harian

Gambar 4 menunjukkan grafik konvergensi rata-rata berjalan (*running mean*) dari 10.000 iterasi simulasi. Pada iterasi awal terlihat fluktuasi besar akibat variasi acak, namun setelah sekitar 2.000 iterasi nilai rata-rata mulai stabil dan mendekati nilai akhir sekitar Rp 1,57 juta.

Penyempitan interval kepercayaan 95% seiring bertambahnya iterasi menunjukkan peningkatan presisi estimasi. Hal ini membuktikan bahwa jumlah iterasi yang digunakan sudah memadai dan hasil simulasi dapat dianggap reliabel serta bebas dari bias akibat fluktuasi awal.

Tabel 1. Ringkasan Statistik Distribusi Profit Harian (Hasil Simulasi Monte Carlo)

Parameter Statistik	Nilai (Rp)	Interpretasi
Mean (Expected Profit)	1.569.950	Rata-rata profit harian yang diharapkan
Median	1.510.000	Nilai tengah distribusi profit
Standar Deviasi	± 418.000	Tingkat variasi profit harian
Persentil 5%	-50.000	Skenario terburuk (risiko kerugian sangat rendah)
Persentil 25%	830.000	Batas bawah zona stabil
Persentil 75%	2.250.000	Batas atas zona stabil
Persentil 95%	3.340.000	Skenario sangat menguntungkan
Probabilitas Profit Positif	> 99%	Model bisnis sangat stabil

Tabel 1 menyajikan ringkasan statistik utama dari hasil 10.000 iterasi simulasi Monte Carlo terhadap profit harian restoran. Nilai rata-rata (mean) sebesar Rp 1.569.950 menunjukkan estimasi profit harian yang diharapkan dalam kondisi operasional normal dengan mempertimbangkan variasi seluruh variabel input. Nilai ini menjadi indikator utama kelayakan finansial usaha karena merepresentasikan ekspektasi keuntungan jangka panjang.

Median profit sebesar Rp 1.510.000 yang relatif dekat dengan nilai rata-rata menunjukkan bahwa distribusi profit bersifat cukup simetris dan tidak mengalami skewness ekstrem. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil simulasi stabil dan tidak didominasi oleh nilai ekstrem (outlier). Standar deviasi sebesar ±Rp 418.000 menggambarkan tingkat variasi profit harian. Jika dibandingkan dengan nilai rata-rata, tingkat variasi ini masih dalam kategori moderat, sehingga usaha dapat dikatakan memiliki kestabilan operasional yang baik.

Analisis persentil memberikan gambaran risiko secara lebih rinci. Pada persentil ke-5, profit berada pada kisaran sekitar -Rp 50.000, yang menunjukkan bahwa kemungkinan mengalami kerugian sangat kecil dan hanya terjadi dalam skenario ekstrem. Sementara itu, persentil ke-25 hingga ke-75 (rentang interquartile) berada antara Rp 830.000 hingga Rp 2.250.000, yang mencerminkan zona profit paling realistis dan stabil. Pada persentil ke-95, profit mencapai Rp 3.340.000, yang menggambarkan potensi keuntungan maksimum dalam kondisi sangat optimal. Dengan probabilitas profit positif di atas 99%, model bisnis restoran dapat dikategorikan memiliki ketahanan finansial yang tinggi dan risiko kerugian yang minimal (Brilon et al., 2023).

Tabel 2. Hasil Analisis Korelasi Harga Menu terhadap Profit

Parameter	Nilai	Interpretasi
Koefisien Korelasi (r)	0,5918	Hubungan positif dengan kekuatan sedang
Koefisien Determinasi (R^2)	0,3502	35,02% variasi profit dijelaskan oleh harga
Persamaan Regresi	$y = 149,404x - 5.167.974$	Setiap kenaikan harga meningkatkan profit
Arah Hubungan	Positif	Harga naik → profit meningkat

Tabel 2 menampilkan hasil analisis hubungan antara harga menu dan profit harian menggunakan regresi linier sederhana. Koefisien korelasi sebesar $r = 0,5918$ menunjukkan adanya hubungan positif dengan kekuatan sedang antara harga dan profit. Artinya, kenaikan harga menu cenderung diikuti oleh peningkatan profit. Namun, nilai korelasi yang tidak mendekati 1 menunjukkan bahwa pengaruh harga tidak sepenuhnya dominan.

Koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,3502$ mengindikasikan bahwa sekitar 35,02% variasi profit dapat dijelaskan oleh perubahan harga menu. Dengan kata lain, sekitar 64,98% variasi profit dipengaruhi oleh faktor lain seperti jumlah pelanggan dan struktur biaya. Hal ini menegaskan bahwa strategi harga hanya merupakan salah satu komponen dalam pengelolaan profitabilitas (Gouse & Bidalannagari, 2025).

Persamaan regresi yang diperoleh, yaitu $y = 149,404x - 5.167.974$, menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu satuan harga (dalam rupiah) akan meningkatkan profit sebesar 149,404 satuan, dengan asumsi variabel lain konstan. Interpretasi ini memperlihatkan bahwa harga memiliki dampak langsung terhadap margin keuntungan.

Namun, dalam praktik manajerial, kenaikan harga perlu mempertimbangkan elastisitas permintaan agar tidak menurunkan jumlah pelanggan secara signifikan, yang justru dapat mengurangi total profit.

Secara keseluruhan, hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa meskipun harga berkontribusi terhadap peningkatan profit, variabel jumlah pelanggan kemungkinan memiliki pengaruh yang lebih dominan dalam menentukan keberhasilan finansial restoran.

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata profit harian yang diharapkan sebesar $\pm$ Rp 1,57 juta dengan tingkat variasi yang masih dalam kategori moderat. Distribusi persentil menunjukkan bahwa sebagian besar skenario operasional menghasilkan profit positif, dengan probabilitas kerugian yang sangat rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa model bisnis restoran tergolong stabil dan layak secara finansial dalam kondisi operasional normal. Analisis hubungan antarvariabel menunjukkan bahwa jumlah pelanggan merupakan faktor paling dominan dalam menentukan profitabilitas, sedangkan harga menu memiliki pengaruh positif dengan kekuatan sedang. Meskipun kenaikan harga dapat meningkatkan margin keuntungan, kontribusinya terhadap variasi profit hanya sekitar 35%, sehingga strategi peningkatan profit tidak dapat bergantung pada penyesuaian harga semata. Oleh karena itu, optimalisasi volume pelanggan dan pengendalian biaya operasional menjadi aspek strategis yang lebih krusial.

5. REFERENSI

- Abuhishmeh, K., Hojat Jalali, H., & Bani Hani, S. M. (2025). Comparison of Risk Assessment Approaches Using Quantitative Bayesian Regression for Direct and Stochastic Indirect Consequences of Sewer Pipe Failure. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 16(4). <https://doi.org/10.1061/JPSEA2.PSENG-1858>
- Al-Hammadi, M., & Gungormusler, M. (2024). New insights into *Chlorella vulgaris* applications. *Biotechnology and Bioengineering*, 121(5), 1486–1502. <https://doi.org/10.1002/bit.28666>
- Aly, A. E., El-Adll, M. E., Barakat, H. M., & Aldallal, R. A. (2023). A new least squares method for estimation and prediction based on the cumulative Hazard function. *AIMS Mathematics*, 8(9), 21968–21992. <https://doi.org/10.3934/math.20231120>
- Brilon, W., Wu, N., & Koenig, R. (2023). Delays and Queue Lengths at Traffic Signals With Two Greens in One Cycle. *Transportation Research Record*, 2677(2), 828–838. <https://doi.org/10.1177/03611981221108981>
- Castro, G., Cobo, M., & Rodríguez, I. (2024). Identification of hazardous organic compounds in e-waste plastic using non-target and suspect screening approaches. *Chemosphere*, 356. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141946>
- Gouse, S. M., & Bidalannagari, O. (2025). The effect of ZnO-Al₂O₃ Hybrid Nano-Lubricant in R600a Vapor Compression Refrigeration System: An Experimental Investigation. In M. K. R. Vennapusa & A. Shaik (Eds.), *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3237, Issue 1). American Institute of Physics. <https://doi.org/10.1063/5.0247657>
- Iqbal, S., Habib, S., Ali, M., Shafiq, A., Ur Rehman, A., Ahmed, E. M., Khurshaid, T., & Kamel, S. (2022). The Impact of V2G Charging/Discharging Strategy on the Microgrid Environment Considering Stochastic Methods. *Sustainability (Switzerland)*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/su142013211>
- Mostafaei, K., Maleki, S., Zamani Ahmad Mahmoudi, M., & Knez, D. (2022). Risk management prediction of mining and industrial projects by support vector machine. *Resources Policy*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102819>
- Nguyen, T.-H., Nguyen, T.-T., Hoang, D.-M., Dang, V.-H., & Pham, X.-D. (2025). Efficient reliability analysis method for non-linear truss structures using machine learning-based uncertainty quantification. *Computers and Mathematics with Applications*, 182, 66–83. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2025.01.014>
- Pitts, A. J., Yomogida, M., Aidala, A., Gelman, A., & Chen, Q. (2025). Multilevel Regression and Poststratification Using Margins of Poststratifiers: Improving Inference for HIV Health Outcomes During the COVID-19 Pandemic. *Statistics in Medicine*, 44(18–19). <https://doi.org/10.1002/sim.70223>
- Pourkheirollah, H., Keskinen, J., Mäntysalo, M., & Lupo, D. (2023). Statistical analysis and Monte-Carlo simulation of printed supercapacitors for energy storage systems. *Journal of Power Sources*, 585. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2023.233626>
- Soldouz, S. A., & Hellings, B. (2025). Improving the Accuracy of the Spatial Transferability of Direct-demand Models for Bicycle Volume Estimation at Intersections. *Transportation Research Record*.

<https://doi.org/10.1177/03611981251401589>

- Wannenburg, J. W., Ngcobo, G. N., & Heyns, P. S. (2026). Development of a predictive, risk-based model to assess the effects of maintenance decisions on vertical mine shaft structures. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2026.107481>
- Wu, Q., & Long, L. (2022). Numerical study on grain evolution of gradient-structured aluminum matrix composites induced by graphene nanoplatelets. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 128(12). <https://doi.org/10.1007/s00339-022-06274-6>
- Zhang, Z., Ding, R., Zhang, W., Wu, L., & Liu, M. (2026). Dynamic Risk Assessment of the Coal Slurry Preparation System Based on LSTM-RNN Model. *Sustainability (Switzerland)*, 18(2). <https://doi.org/10.3390/su18020684>
- Zheng, Z., & Shuang, Q. (2026). Dynamic scenario analysis and prediction of embodied carbon emissions in China's building sector: A hybrid interpretable machine learning model. *Environmental Impact Assessment Review*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2025.108119>
- Zhu, H., & Zou, G. (2024). Stability and L2-penalty in Model Averaging. *Journal of Machine Learning Research*, 25. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105018669753&partnerID=40&md5=63e99fb32fb3aae5f9f007f807e6ad94>
- Zou, H., Xiao, L., Zeng, D., & Luo, S. (2025). DYNAMIC PREDICTION WITH MULTIVARIATE LONGITUDINAL OUTCOMES AND LONGITUDINAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING DATA. *Annals of Applied Statistics*, 19(1), 505–528. <https://doi.org/10.1214/24-AOAS1970>