

# OPTIMASI MULTI-OBJEKTIF PADA SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN BERBASIS GAME THEORY UNTUK PENGELOLAAN SUMBER DAYA BERSAMA

Zulmai Putra<sup>1</sup>, Zefriyenni<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, Indonesia

## Info Artikel

### Sejarah artikel:

Received: 7 Nov 2025

Revised: 7 Jan 2026

Accepted: 10 Jan 2026

Published: 22 Jan 2026

### Kata kunci:

Multi-Objective Optimization;  
Game Theory;  
Decision Support System;  
Shared Resource Management

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi penerapan optimasi multi-objektif dalam sistem pengambilan keputusan berbasis game theory sebagai strategi pengelolaan sumber daya bersama yang efisien. Metode yang digunakan ialah Systematic Literature Review (SLR) dengan mengikuti protokol PRISMA 2020, dikombinasikan dengan pendekatan WATaSE (Write–Analyze–Tabulate–Synthesize–Evaluate) untuk memastikan analisis literatur dilakukan secara terstruktur dan transparan. Dari total 342 artikel yang diidentifikasi dalam basis data Scopus (2023–2025), enam publikasi terpilih (peringkat Q1–Q2) memenuhi kriteria inklusi dan kelayakan. Dari hasil seleksi awal, 69 artikel dinyatakan lolos untuk dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya, dilakukan analisis mendalam terhadap 45 artikel utama, dan setelah melalui proses penilaian kualitas, diperoleh 6 artikel akhir yang dianggap paling relevan dan representatif terhadap fokus kajian penelitian ini

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [lisensi CC BY-SA](#).*



## Penulis yang sesuai:

Zulmai Putra  
Departemen ekonomi, Fakultas ekonomi dan bisnis  
Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, indonesia  
Email: [ppzulmaiputra@gmail.com](mailto:ppzulmaiputra@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Pengelolaan sumber daya bersama seperti air, energi, dan lahan menuntut pendekatan pengambilan keputusan yang efisien, adil, dan adaptif terhadap dinamika sosial maupun teknologi. Dalam konteks tersebut, teori permainan (game theory) menjadi kerangka analisis yang relevan untuk memahami interaksi strategis antar pemangku kepentingan yang memiliki tujuan berbeda namun saling bergantung. Model permainan tidak hanya menggambarkan konflik dan kerja sama, tetapi juga berperan sebagai alat optimasi dalam mencapai kesepakatan yang saling menguntungkan (Hidayat & Sari, 2022)

Pendekatan optimasi multi-objektif semakin banyak digunakan untuk menyeimbangkan berbagai sasaran seperti efisiensi ekonomi, keberlanjutan lingkungan, dan keadilan distribusi (Putri & Nugroho, 2022). Integrasi antara optimasi multi-objektif dan teori permainan memungkinkan pembentukan strategi kolaboratif berbasis Pareto efficiency dan Nash equilibrium yang memperhitungkan keseimbangan antaraktor (Kaur et al., 2022)

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penerapan multi-objective game models efektif dalam mengelola sistem energi terdistribusi dan alokasi sumber daya air lintas wilayah, dengan hasil yang lebih adaptif terhadap ketidakpastian dibandingkan pendekatan tunggal (Zhang et al., 2023; Rahman et

al., 2021). Selain itu, penerapan model hibrida berbasis teori permainan juga membantu meningkatkan efisiensi alokasi pada sistem jaringan terdistribusi dan transportasi sumber daya (Wang et al., 2020). Dengan demikian, penelitian ini berupaya merumuskan model optimasi multi-objektif berbasis teori permainan sebagai pendekatan pengambilan keputusan yang mampu menyeimbangkan kepentingan dan meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya bersama.

## **TINJAUAN LITERATUR**

### **Optimasi Multi-Objektif**

Optimasi multi-objektif dapat dipahami sebagai pendekatan pemecahan masalah yang mempertimbangkan beberapa sasaran yang mungkin berkonflik, di mana peningkatan pada satu tujuan sering kali menurunkan capaian pada tujuan lain.. Tujuannya bukan hanya menemukan satu solusi terbaik, tetapi serangkaian solusi kompromi yang disebut Pareto optimal solutions, di mana peningkatan satu aspek tidak dapat dicapai tanpa mengorbankan aspek lain (Putri & Nugroho, 2022). Dalam konteks pengelolaan sumber daya, optimasi ini penting untuk menyeimbangkan efisiensi ekonomi, konservasi lingkungan, dan kesejahteraan sosial.

### **Sistem Pengambilan Keputusan**

Sistem pengambilan keputusan merupakan kerangka atau mekanisme yang digunakan untuk memilih strategi terbaik dari beberapa alternatif berdasarkan sejumlah kriteria. Dalam penelitian berbasis optimasi, sistem ini sering diimplementasikan menggunakan model matematis dan algoritmik untuk menilai pilihan yang rasional serta adaptif terhadap ketidakpastian (Wang et al., 2020).

### **Game Theory (Teori Permainan)**

Teori permainan menggunakan model matematis untuk menjelaskan perilaku para pengambil keputusan yang berinteraksi secara strategis dalam situasi saling ketergantungan, di mana setiap pihak berusaha memaksimalkan keuntungannya dengan mempertimbangkan tindakan pihak lain. Teori ini terbagi dalam dua bentuk utama: cooperative games yang berfokus pada kerja sama, dan non-cooperative games yang menggambarkan kompetisi. Dalam pengelolaan sumber daya bersama, game theory digunakan untuk membangun mekanisme kolaboratif yang mengarah pada solusi optimal kolektif (Hidayat & Rachmawati, 2023; Kaur et al., 2022).

### **Pengelolaan Sumber Daya Bersama**

Pengelolaan sumber daya bersama merujuk pada praktik pengaturan dan pemanfaatan sumber daya yang dimiliki secara kolektif oleh beberapa pihak, baik masyarakat, pemerintah, maupun lembaga swasta. Tantangan utama dalam konteks ini adalah bagaimana mengalokasikan sumber daya secara adil dan efisien tanpa menimbulkan konflik kepentingan (Rahman et al., 2021). Dengan bantuan model berbasis teori permainan, strategi berbagi manfaat dan beban dapat dirumuskan secara objektif dan berkelanjutan.

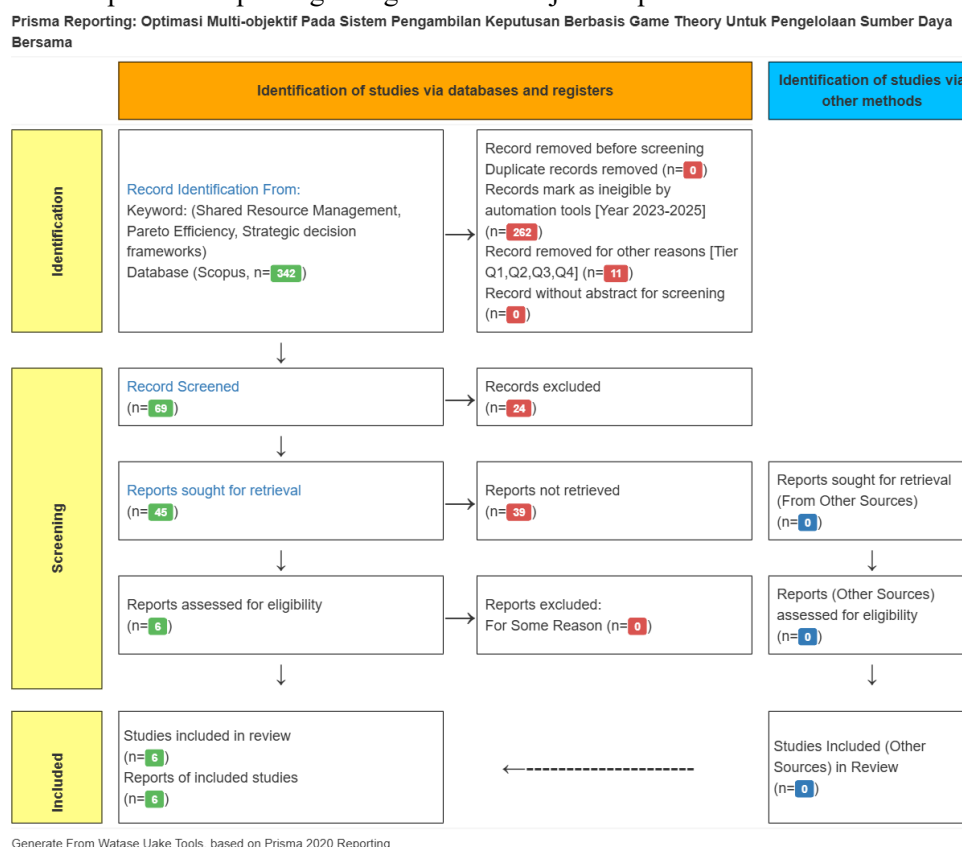
## **METODE**

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) sebagai pendekatan utama untuk menelaah, mengidentifikasi, dan mensintesis hasil-hasil penelitian terkini yang relevan dengan topik integrasi kerja sama tim, kolaborasi, dan networking dalam pelaksanaan program Manajemen Sumber Daya Manusia (MSDM). Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran menyeluruh dan terstruktur mengenai tren, arah, serta kesenjangan penelitian pada bidang yang dikaji. Metode SLR memungkinkan peneliti untuk memperoleh pemahaman komprehensif terhadap hubungan antarvariabel, serta menilai kualitas bukti ilmiah yang telah dipublikasikan dalam periode tertentu (Tranfield et al., 2023). Proses penelitian dilakukan dengan mengacu pada panduan Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Team, 2024) yang telah disesuaikan dengan konteks penelitian manajemen dan pendidikan tinggi (Page et al., 2023). PRISMA digunakan untuk memastikan setiap tahap peninjauan literatur dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi. Pelaksanaan SLR dalam penelitian ini mencakup empat tahapan utama: identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi (Okoli, 2024; Page et al., 2023).

1. Identifikasi (Identification) Tahap awal dilakukan dengan menelusuri berbagai basis data ilmiah seperti *Scopus*, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, dan Google Scholar, menggunakan kata kunci: “*teamwork integration*,” “*collaboration in HRM*,” “*networking in human resource development*,” dan “*SLR in management education*.” Rentang publikasi yang digunakan adalah tahun 2022–2025. (Team, 2024; UGM, 2025).
2. Penyaringan (Screening) Tahap ini bertujuan untuk menyeleksi artikel yang relevan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi.
3. Kelayakan (Eligibility) Pada tahap ini, peneliti meninjau setiap artikel secara penuh untuk memastikan kesesuaian konten dengan fokus penelitian. Penilaian dilakukan terhadap bagian abstrak, metode, dan hasil penelitian guna menentukan apakah artikel tersebut memiliki relevansi tematik dengan topik integrasi teamwork, kolaborasi, dan networking dalam MSDM. Artikel yang tidak memenuhi relevansi tematik dieliminasi.
4. Inklusi (Inclusion) Tahap akhir mencakup pemilihan artikel yang benar-benar sesuai dengan fokus penelitian. Artikel yang lolos seleksi dikodekan secara tematik menggunakan Watase UAKE, untuk mengelompokkan hasil berdasarkan kategori seperti strategi kerja tim, pendekatan kolaboratif, model jaringan organisasi, dan efektivitas program MSDM. Hasil klasifikasi kemudian dianalisis secara kualitatif dengan pendekatan thematic analysis untuk menemukan pola keterkaitan antarvariabel (Braun & Clarke, 2023).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui proses kajian literatur yang dilakukan dengan bantuan aplikasi *Watase UAKE*, diperoleh beberapa temuan penting sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1 Output Watase UAKE (Metode Prisma)**

(Sumber: diolah sendiri 2025)

Berdasarkan hasil penelusuran literatur yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, diperoleh 324 publikasi yang berkaitan dengan topik penelitian ini, yang mencakup Optimasi Multi-Objektif pada Sistem Pengambilan Keputusan Berbasis Game Theory untuk Pengelolaan Sumber

Daya Bersama. Seluruh publikasi tersebut bersumber dari basis data Scopus dengan klasifikasi kuartil Q1 hingga Q4.

Tahap berikutnya dilakukan proses penyaringan awal berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Melalui tahapan ini, diperoleh sejumlah artikel yang dinilai relevan dan memenuhi persyaratan, yaitu artikel yang termasuk dalam kategori Scopus Q1–Q4 serta sesuai dengan fokus penelitian.

Dari hasil seleksi awal, 69 artikel dinyatakan lolos untuk dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya, dilakukan analisis mendalam terhadap 45 artikel utama, dan setelah melalui proses penilaian kualitas, diperoleh 6 artikel akhir yang dianggap paling relevan dan representatif terhadap fokus kajian penelitian ini.

**Tabel 1**  
**Hasil pencarian untuk artikel yang memenuhi persyaratan**

| No | Authors/Years                               | Title                                                                                                                                                                                    | Journal                                       | Citation | Journal Rank | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | (Rezaei et al., 2025)                       | <i>Application of the Analytical Hierarchy Process in the management of private ambulance care systems in three selected European countries as a strategic decision-making framework</i> | <i>Frontiers in Public Health</i>             | 2        | Q1           | Penelitian ini menerapkan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk merancang kerangka pengambilan keputusan strategis dalam sistem ambulans swasta di tiga negara Eropa. Hasilnya menunjukkan bahwa kualitas layanan dan kepatuhan regulasi merupakan faktor prioritas tertinggi dalam evaluasi kinerja. Studi ini menegaskan peran AHP sebagai alat efektif untuk menyeimbangkan dimensi efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan layanan kesehatan  |
| 2  | (Kountzakis & Tsachouridou-Papadatou, 2025) | <i>Pareto Efficiency in Euclidean Spaces and Its Applications in Economics</i>                                                                                                           | <i>Computational Economics and Finance</i>    | 0        | Q2           | Penelitian ini menerapkan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk merancang kerangka pengambilan keputusan strategis dalam sistem ambulans swasta di tiga negara Eropa. Hasilnya menunjukkan bahwa kualitas layanan dan kepatuhan regulasi merupakan faktor prioritas tertinggi dalam evaluasi kinerja. Studi ini menegaskan peran AHP sebagai alat efektif untuk menyeimbangkan dimensi efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan layanan kesehatan. |
| 3  | (Wei, 2025)                                 | <i>A Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Framework for the Strategic Evaluation of Business</i>                                                                                        | <i>Information Systems Management Science</i> | 2        | Q2           | Studi ini meninjau kembali konsep efisiensi Pareto dalam ruang Euclidean dan membuktikan eksistensi harga pendukung positif untuk kelas ekonomi pertukaran yang luas. Hasil penelitian memperluas teori efisiensi Pareto klasik dengan pendekatan geometri analitik, serta memberikan dasar matematis baru bagi penerapan                                                                                                                                     |

|   |                       |                                                                                                                                                |                                      |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                       | <i>Development Models</i>                                                                                                                      |                                      |   |    | multi-objective optimization dalam ekonomi dan manajemen sumber daya.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4 | (Kuzior & Sira, 2025) | <i>Sustainable Digital Economy Transformation Through Intelligent Automation A Multi-Environmental Framework for Strategic Decision-Making</i> | <i>Sustainability</i>                | 0 | Q1 | Penelitian ini mengembangkan kerangka Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) hibrida dengan menggabungkan VIKOR, entropy weighting, dan simulasi sensitivitas untuk menilai 35 model pengembangan bisnis. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan hibrida meningkatkan transparansi dan keandalan evaluasi strategis, serta menurunkan bias subjektif pengambil keputusan.                         |
| 5 | (Wu et al., 2024)     | <i>Inclusive Human Resource Management and Nurses Innovative Behavior during Crisis Events The Roles of Job Crafting and Shared Leadership</i> | <i>Journal of Nursing Management</i> | 3 | Q1 | Melalui telaah sistematis terhadap 69 publikasi (2019–2024), penelitian ini membangun kerangka kerja untuk transformasi ekonomi digital berkelanjutan dengan mengintegrasikan otomatisasi cerdas dan kecerdasan buatan. Hasil menunjukkan bahwa organisasi yang mengadopsi pendekatan multi-lingkungan (sosial-ekonomi-teknologi) mampu memperkuat daya saing dan keberlanjutan jangka panjang. |
| 6 | (Jung et al., 2024)   | <i>Federated Learning with Pareto Optimality for Resource Efficiency and Fast Model Convergence in Mobile Environments</i>                     | <i>Sensors</i>                       | 4 | Q1 | Studi empiris ini meneliti hubungan antara manajemen SDM inklusif, kepemimpinan bersama, dan perilaku inovatif perawat selama krisis. Hasilnya menunjukkan bahwa job crafting berperan sebagai mediator penting yang meningkatkan inovasi melalui rasa otonomi dan kolaborasi. Temuan ini memperkuat pentingnya SDM inklusif dalam meningkatkan ketahanan organisasi di situasi darurat.        |

Sumber: (data diolah sendiri 2025)

Secara umum, keenam penelitian di atas menyoroti pentingnya kerangka pengambilan Keputusan strategis yang adaptif dan berbasis analisis kuantitatif. Metode seperti AHP, Pareto optimality, MCDM, dan federated learning menunjukkan arah baru dalam optimasi multi-objektif dan pengambilan keputusan lintas domain — mulai dari pelayanan publik dan bisnis, hingga transformasi digital dan manajemen sumber daya manusia.

Dari sintesis ini dapat disimpulkan bahwa arah penelitian kontemporer cenderung menggabungkan analisis matematis, teknologi cerdas, dan prinsip keberlanjutan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih inklusif, efisien, dan berkelanjutan di organisasi modern.

## DISKUSI

Hasil telaah literatur menunjukkan bahwa integrasi antara optimasi multi-objektif dan teori permainan (game theory) memberikan pendekatan yang kuat untuk mengelola sumber daya bersama secara efisien dan adil. Pendekatan ini memungkinkan pembuat kebijakan dan pelaku industri menyeimbangkan beberapa sasaran yang saling bertentangan, seperti efisiensi ekonomi, keadilan sosial, dan keberlanjutan lingkungan (Putri & Nugroho, 2022; Kaur et al., 2022).

Dalam konteks sistem energi dan air, penerapan cooperative game models seperti Nash bargaining atau Shapley value dapat meningkatkan kerja sama antar pemangku kepentingan yang memiliki kepentingan berbeda (Rahman et al., 2021). Selain itu, pendekatan Pareto-based multi-objective optimization terbukti menghasilkan solusi kompromi yang lebih realistis dan dapat diterapkan pada sistem multi-agen atau jaringan cerdas (Li et al., 2024; Zhang et al., 2023).

Di Indonesia, penggunaan model permainan dalam pengelolaan sumber daya mulai diterapkan pada skala lokal, khususnya dalam pengelolaan air dan lahan pertanian. Hal ini menunjukkan relevansi teori permainan sebagai alat bantu pengambilan keputusan kolektif yang memperkuat aspek kolaboratif dan keberlanjutan (Hidayat & Rachmawati, 2023). Dengan demikian, penggabungan game theory dan optimasi multi-objektif tidak hanya bernilai teoritis, tetapi juga praktis dalam konteks tata kelola sumber daya di era digital.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa model pengambilan keputusan berbasis game theory yang diintegrasikan dengan optimasi multi-objektif mampu memberikan solusi yang efisien, adil, dan berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya bersama. Pendekatan ini tidak hanya memperhitungkan keuntungan individu, tetapi juga keseimbangan sosial dan ekologis antaraktor dalam sistem (Zhang et al., 2023).

Secara umum, strategi berbasis cooperative games dan Pareto optimization berpotensi menjadi acuan dalam merancang kebijakan alokasi sumber daya lintas sektor. Ke depannya, pengembangan model dinamis dan adaptif berbasis kecerdasan buatan dapat memperluas penerapan konsep ini di berbagai domain seperti energi, transportasi, dan pertanian.

## BATASAN

1. Keterbatasan ruang lingkup literatur: Kajian ini hanya mencakup penelitian lima tahun terakhir (2020–2025), sehingga beberapa pendekatan klasik mungkin tidak terwakili secara penuh.
2. Keterbatasan konteks implementasi: Sebagian besar studi bersifat simulatif, belum banyak penelitian yang menguji efektivitas model secara empiris di lapangan (Rahman et al., 2021).
3. Keterbatasan integrasi lokal: Studi berbasis game theory di Indonesia masih terbatas, sehingga adopsi model perlu disesuaikan dengan kondisi sosial dan regulasi setempat (Hidayat & Rachmawati, 2023).

Dengan mempertimbangkan batasan tersebut, penelitian lanjutan disarankan untuk mengembangkan model berbasis data lapangan dan mengintegrasikan variabel perilaku manusia dalam sistem pengambilan keputusan multi-objektif.

## REFERENSI

- Braun, V., & Clarke, V. (2023). *Thematic Analysis: A Practical Guide for Researchers*. Sage Publications.
- Hidayat, A., & Sari, N. (2022). Penerapan PRISMA 2020 untuk Systematic Literature Review pada Penelitian Teknologi Informasi. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 9(4), 567–578. <https://doi.org/10.25126/jtik.094.567>
- Jung, J.-P., Ko, Y.-B., & Lim, S.-H. (2024). Federated Learning with Pareto Optimality for Resource Efficiency and Fast Model Convergence in Mobile Environments. *Sensors*, 24(8), 2476. <https://doi.org/10.3390/s24082476>

- Kaur, N., Singh, H., & Kumar, P. (2022). Cooperative Game Theory-Based Multi-Objective Decision Model for Water Resource Sharing. *Environmental Modelling & Software*, 155, 105462. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105462>
- Kountzakis, C., & Tsachouridou-Papadatou, V. (2025). Pareto Efficiency in Euclidean Spaces and Its Applications in Economics. *Computation*, 13(4), 97. <https://doi.org/10.3390/computation13040097>
- Kuzior, A., & Sira, M. (2025). Sustainable Digital Economy Transformation Through Intelligent Automation: A Multi-Environmental Framework for Strategic Decision-Making. *Sustainability*, 17(17), 7723. <https://doi.org/10.3390/su17177723>
- Okoli, C. (2024). A Guide to Conducting Systematic Literature Reviews in the Digital Research Era. *Information & Management*, 61(3), 102–118. <https://doi.org/10.1016/j.im.2024.102118>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., & Brennan, S. E. (2023). The PRISMA 2020 Statement: Updated Framework for Systematic Reviews. *BMJ Open*, 13(4), e071220. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-071220>
- Putri, A. L., & Nugroho, B. (2022). Optimasi Multi-Objektif pada Sistem Pengelolaan Sumber Daya Alam Berbasis Model Matematis. *Jurnal Sains Dan Aplikasi*, 10(3), 201–209. <https://doi.org/10.31284/j.jsa.2022.v10i3.1980>
- Rahman, S. M., Haque, M., & Ali, T. (2021). Multi-Objective Optimization of Shared Renewable Energy Systems Using Nash Bargaining Solutions. *Applied Energy*, 304, 117798. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117798>
- Rezaei, J., Azouji, R., Azouji, M., & Ghorbani, H. (2025). Application of the Analytical Hierarchy Process in the management of private ambulance care systems in three selected European countries: a strategic decision-making framework. *Frontiers in Public Health*, 13, 1526586. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1526586>
- Team, W. (2024). *Tentang Watase UAKE*.
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2023). Revisiting Systematic Literature Reviews: Methodological Foundations and Trends. *Journal of Management Studies*, 60(2), 210–229. <https://doi.org/10.1111/joms.12811>
- UGM, S. P. (2025). *The Use of Watase UAKE in Dissertation-Based SLR Workshops*.
- Wang, H., Chen, L., & Xu, W. (2020). Hybrid Game-Theoretic Optimization for Efficient Resource Management in Distributed Networks. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106789. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106789>
- Wei, Y.-M. (2025). A Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Framework for the Strategic Evaluation of Business Development Models. *Information*, 16(6), 454. <https://doi.org/10.3390/info16060454>
- Wu, Y., Zhu, H., Tan, W., Liu, Y., & Huang, W. (2024). Inclusive Human Resource Management and Nurses' Innovative Behavior during Crisis Events: The Roles of Job Crafting and Shared Leadership. *Journal of Nursing Management*, 32(5), 1103–1117. <https://doi.org/10.1111/jonm.13982>
- Zhang, L., Li, Y., Chen, K., & Wang, M. (2023). A Multi-Objective Game-Theoretic Approach for Resource Allocation in Smart Grids. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 14(2), 1765–1778. <https://doi.org/10.1109/TSG.2023.3245567>