



SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN PRIORITAS PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR SMART CAMPUS MENGGUNAKAN INTEGRASI METODE BEST WORST METHOD DAN VIKOR

Victor B. C. Tuilan, Gary Lowell Rumambi, Veibi Tambariki

Universitas Parna Raya, Manado

victortuilan@microsoft.parnaraya.ac.id

garylowlerrumambi110579@gmail.com

tambariki@microsoft.parnaraya.ac.id

Abstrak

Pengembangan infrastruktur Smart Campus telah menjadi agenda strategis perguruan tinggi dalam mewujudkan efisiensi operasional, keamanan data, dan keunggulan mutu pembelajaran digital. Kendati demikian, pimpinan universitas dan pengelola teknologi informasi kerap dihadapkan pada dilema keterbatasan alokasi anggaran investasi serta tingginya kompleksitas pemilihan alternatif proyek yang saling bertentangan antar kriteria teknis dan finansial. Penelitian ini bertujuan merancang Sistem Pendukung Keputusan (SPK) prioritas pengembangan infrastruktur smart campus menggunakan integrasi metode Best Worst Method (BWM) dan VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR). Metode BWM digunakan untuk menentukan bobot kepentingan kriteria evaluasi secara optimal melalui perbandingan terstruktur antara kriteria terbaik dan terburuk, menghasilkan rasio konsistensi yang superior dibandingkan metode pairwise tradisional. Selanjutnya, metode VIKOR diterapkan untuk meranking 8 alternatif proyek infrastruktur strategis berdasarkan pendekatan solusi kompromi multikriteria. Hasil pembobotan BWM menunjukkan bahwa kriteria Keamanan Data & Privasi Siber (C2) menjadi prioritas tertinggi dengan bobot 38.37%, diikuti Keandalan & Kapasitas Layanan (C1: 20.93%) dan Dampak Pengalaman Pengguna (C4: 20.93%), dengan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 0.0116 yang sangat konsisten. Pemeringkatan VIKOR menetapkan proyek 'Implementasi Hybrid Cloud Data Center dan Disaster Recovery' (A4) sebagai solusi kompromi terbaik tunggal (skor $Q = 0.0000$) yang memenuhi kedua syarat uji VIKOR, yakni Acceptable Advantage (selisih $Q = 0.2152 \geq DQ = 0.1429$) dan Acceptable Stability. Integrasi BWM-VIKOR terbukti efektif, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai panduan manajerial dalam pengambilan keputusan investasi teknologi kampus.

Kata Kunci: Sistem Pendukung Keputusan, Smart Campus, Best Worst Method, VIKOR, Infrastruktur TI, Multi-Criteria Decision Making

Abstract

The development of Smart Campus infrastructure has become a pivotal strategic imperative for higher education institutions striving to achieve operational excellence, robust cybersecurity, and superior digital learning environments. Nevertheless, university leadership and IT steering committees frequently confront capital expenditure constraints and the multi-dimensional dilemma of prioritizing competing technological initiatives with conflicting technical and budgetary criteria. This study develops a decision support system for smart campus infrastructure prioritization utilizing an integrated multi-criteria framework combining the Best Worst Method (BWM) and VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR). BWM is employed to derive optimal objective criterion weights via pairwise comparisons against the designated best and worst criteria, yielding enhanced consistency ratios over traditional AHP matrices. Subsequently, the VIKOR algorithm is executed to rank eight candidate campus infrastructure initiatives based on aggregate utility and minimum individual regret compromise logic. Empirical BWM weighting results established Cybersecurity & Data Privacy (C2) as the paramount priority (38.37%), followed by Service Reliability & Capacity (C1: 20.93%) and User Experience Impact (C4: 20.93%), achieving a robust Consistency Ratio (CR) of 0.0116. VIKOR multi-criteria evaluation identified 'Hybrid Cloud Data Center and Disaster Recovery Implementation' (A4) as the unambiguous optimal compromise solution (compromise index $Q = 0.0000$), successfully satisfying both the Acceptable Advantage (delta $Q = 0.2152 \geq DQ = 0.1429$) and Acceptable Stability decision conditions. The proposed BWM-VIKOR framework delivers a mathematically rigorous, transparent, and reproducible decision-making model for academic IT capital investments.

Keywords: Decision Support System, Smart Campus, Best Worst Method, VIKOR, IT Infrastructure, Multi-Criteria Decision Making



I. PENDAHULUAN

Transformasi digital di lingkungan perguruan tinggi telah berevolusi dari sekadar penyediaan fasilitas komputer dasar menuju terwujudnya ekosistem 'Smart Campus' yang terintegrasi. Konsep Smart Campus mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), komputasi awan (cloud computing), kecerdasan buatan, dan infrastruktur jaringan telekomunikasi berkecepatan tinggi guna mendukung tridharma perguruan tinggi, meningkatkan efisiensi tata kelola manajerial, serta menciptakan pengalaman belajar-mengajar yang adaptif bagi mahasiswa dan dosen.

Namun demikian, implementasi inisiatif Smart Campus membutuhkan alokasi sumber daya finansial, teknis, dan sumber daya manusia yang sangat besar. Di sisi lain, sebagian besar institusi pendidikan tinggi beroperasi di bawah batasan anggaran tahunan (budget constraints) yang terbatas. Pihak pimpinan universitas dan pengelola unit Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) sering kali menghadapi kesulitan dalam menentukan program infrastruktur mana yang harus diprioritaskan terlebih dahulu. Kerap kali, keputusan investasi TIK dipengaruhi oleh preferensi subjektif pimpinan unit tanpa didukung analisis kuantitatif yang komprehensif, sehingga menimbulkan risiko ketidakefektifan pemanfaatan anggaran, fragmentasi sistem, dan rendahnya adopsi teknologi oleh civitas akademika.

Penentuan prioritas investasi infrastruktur TIK merupakan permasalahan pengambilan keputusan multikriteria (Multi-Criteria Decision Making / MCDM) yang kompleks. Hal ini disebabkan adanya berbagai kriteria evaluasi yang saling bertentangan (conflicting criteria); misalnya, suatu proyek mungkin menawarkan keandalan dan keamanan data yang sangat tinggi namun memerlukan biaya investasi awal dan pemeliharaan rutin yang sangat besar. Oleh karena itu, diperlukan kerangka kerja Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang mampu mengakomodasi multi-kriteria secara terstruktur, objektif, dan matematis.

Dalam penentuan bobot kriteria, metode Analytic Hierarchy Process (AHP) konvensional sering kali memerlukan matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) yang sangat banyak ($n(n-1)/2$ perbandingan), sehingga rentan terhadap inkonsistensi penilaian pakar. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, Rezaei (2015) memperkenalkan Best Worst Method (BWM). BWM hanya memerlukan dua vektor perbandingan: perbandingan kriteria terbaik (Best) terhadap seluruh kriteria lain, dan seluruh kriteria lain terhadap kriteria terburuk (Worst). Hal ini mereduksi jumlah perbandingan secara signifikan menjadi $(2n-3)$ perbandingan serta menghasilkan tingkat konsistensi pembobotan yang jauh lebih tinggi dan terukur.

Untuk pemeringkatan alternatif, metode VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yang dikembangkan oleh Opricovic dan Tzeng (2004) terbukti sangat unggul dalam menyelesaikan masalah MCDM dengan kriteria yang saling bertentangan dan unit pengukuran yang berbeda. VIKOR berfokus pada perolehan 'solusi kompromi' (compromise solution) yang paling dekat dengan solusi ideal positif serta menjamin pemenuhan kondisi keuntungan yang dapat diterima (acceptable advantage) dan stabilitas pengambilan keputusan (acceptable stability).

Berdasarkan tinjauan tersebut, penelitian ini bertujuan mengintegrasikan metode BWM dan VIKOR ke dalam suatu sistem pendukung keputusan yang solid untuk menentukan prioritas pengembangan infrastruktur Smart Campus di perguruan tinggi. Integrasi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi metodologis dan panduan manajerial yang akuntabel bagi pengambil kebijakan universitas dalam merancang roadmap digitalisasi kampus yang berdaya guna tinggi.

II. METODE PENELITIAN

Alur metodologi penelitian terdiri dari empat tahapan utama: (1) Identifikasi kriteria dan inisiatif alternatif infrastruktur Smart Campus; (2) Penentuan bobot kepentingan kriteria menggunakan Best

Worst Method (BWM); (3) Pemeringkatan alternatif dan analisis solusi kompromi menggunakan metode VIKOR; serta (4) Pengujian validitas kondisi kompromi.

2.1 Best Worst Method (BWM) untuk Pembobotan Kriteria

Prosedur BWM dilakukan melalui lima langkah terstruktur:

Langkah 1: Menentukan himpunan kriteria keputusan $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$.

Langkah 2: Menentukan kriteria terbaik (Best criterion / C_B) dan kriteria terburuk (Worst criterion / C_W) berdasarkan konsensus pakar tata kelola TIK kampus.

Langkah 3: Menentukan preferensi kriteria terbaik terhadap seluruh kriteria lain menggunakan skala penilaian 1 sampai 9, menghasilkan vektor Best-to-Others:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}), \text{ dimana } a_{BB} = 1 \quad (1)$$

Langkah 4: Menentukan preferensi seluruh kriteria lain terhadap kriteria terburuk menggunakan skala 1 sampai 9, menghasilkan vektor Others-to-Worst:

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T, \text{ dimana } a_{WW} = 1 \quad (2)$$

Langkah 5: Menghitung bobot optimal ($w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$) dengan memecahkan model pemrograman linier teroptimasi:

$$\min \lambda^L, \text{ s.t. } |w_B - a_{Bj}| w_j \leq \lambda^L, |w_j - a_{jW}| w_W \leq \lambda^L, \sum w_j = 1 \quad (3)$$

Tingkat konsistensi pembobotan dievaluasi melalui Consistency Ratio (CR) dengan rumus:

$$CR = \lambda^* / CI \quad (4)$$

dimana CI adalah Consistency Index yang bergantung pada nilai a_{BW} . Nilai CR yang mendekati 0 mengindikasikan tingkat konsistensi penilaian yang sangat tinggi.

2.2 Metode VIKOR untuk Solusi Kompromi

Metode VIKOR mengevaluasi alternatif A_j ($j = 1, 2, \dots, m$) terhadap kriteria C_i ($i = 1, 2, \dots, n$) melalui tahapan matematis berikut:

Langkah 1: Menentukan nilai terbaik f_i^* dan terburuk f_i^- untuk setiap kriteria:

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \text{ quad (benefit), quad } f_i^- = \min_j f_{ij} \text{ quad (benefit)} \quad (5)$$

$$f_i^* = \min_j f_{ij} \text{ quad (cost), quad } f_i^- = \max_j f_{ij} \text{ quad (cost)} \quad (6)$$

Langkah 2: Menghitung nilai utilitas rata-rata grup (S_j) dan nilai penyesalan individu maksimum (R_j):

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \quad (7)$$

$$R_j = \max_i \left[w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right] \quad (8)$$

Langkah 3: Menghitung nilai indeks kompromi VIKOR (Q_j):

$$Q_j = v \frac{S_j - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \quad (9)$$

dimana $S^* = \min_j S_j$, $S^- = \max_j S_j$, $R^* = \min_j R_j$, $R^- = \max_j R_j$, dan v adalah bobot strategi pemaksimalan utilitas kelompok (dalam penelitian ini digunakan $v = 0.50$).

Langkah 4: Pengurutan alternatif berdasarkan nilai Q_j dari terkecil ke terbesar. Alternatif terbaik $A^{\{(1)\}}$ (skor Q minimum) diusulkan sebagai solusi kompromi jika memenuhi dua kondisi pengujian:

Kondisi 1 (Acceptable Advantage): $Q(A^{\{(2)\}}) - Q(A^{\{(1)\}}) \geq DQ$, dengan $DQ = 1 / (m - 1)$.

Kondisi 2 (Acceptable Stability): Alternatif $A^{\{(1)\}}$ juga harus menempati ranking terbaik pada ukuran S_j dan/atau R_j .

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi model BWM-VIKOR diaplikasikan pada studi kasus penetapan prioritas roadmap transformasi Smart Campus.

3.1 Penentuan Kriteria dan Pembobotan BWM

Berdasarkan studi pustaka dan Focused Group Discussion (FGD) bersama tim TIK dan pimpinan universitas, ditetapkan 5 kriteria penentu:

Tabel 1. Definisi Kriteria Keputusan Pengembangan Smart Campus

Kode	Kriteria Keputusan	Kategori	Deskripsi Fokus Evaluasi
C1	Keandalan & Kapasitas Layanan	Benefit	Ketersediaan uptime server, throughput bandwidth, dan skalabilitas sistem
C2	Keamanan Data & Privasi Siber	Benefit	Ketahanan terhadap intrusi siber, enkripsi data, kepatuhan PDP, dan backup
C3	Efisiensi Operasional & Energi	Benefit	Penghematan biaya listrik, otomatisasi proses bisnis, dan efisiensi staf
C4	Dampak Pengalaman Pengguna	Benefit	Kemudahan antarmuka pengguna, kepuasan mahasiswa/dosen, dan aksesibilitas
C5	Estimasi Biaya Investasi & Maintenance	Cost	Total capital expenditure (CAPEX) dan operational expenditure (OPEX) tahunan

Dari kelima kriteria tersebut, tim pakar menetapkan C2 (Keamanan Data & Privasi Siber) sebagai kriteria terbaik (Best) menyusul maraknya insiden peretasan dan regulasi UU PDP. Sementara itu, C5 (Estimasi Biaya Investasi & Maintenance) ditetapkan sebagai kriteria terburuk (Worst) karena keberhasilan transformasi jangka panjang lebih diprioritaskan di atas sekadar pertimbangan harga awal.

Vektor perbandingan Best-to-Others (A_B) terhadap kriteria C2 adalah: $A_B = (C1: 2, C2: 1, C3: 3, C4: 2, C5: 7)$. Sedangkan vektor perbandingan Others-to-Worst (A_W) terhadap kriteria C5 adalah: $A_W = (C1: 4, C2: 7, C3: 3, C4: 4, C5: 1)^T$.

Melalui penyelesaian model pemrograman linier, diperoleh bobot optimal kriteria:

Tabel 2. Hasil Pembobotan Optimal Menggunakan Best Worst Method (BWM)

Kode	Nama Kriteria	Tipe	Bobot BWM (w_i)	Persentase	Peringkat Bobot
C2	Keamanan Data & Privasi Siber	Benefit	0.3837	38.37%	1
C1	Keandalan & Kapasitas Layanan	Benefit	0.2093	20.93%	2
C4	Dampak Pengalaman Pengguna	Benefit	0.2093	20.93%	3
C3	Efisiensi Operasional & Energi	Benefit	0.1395	13.95%	4
C5	Estimasi Biaya Investasi & Maintenance	Cost	0.0581	5.81%	5



Uji konsistensi BWM menghasilkan nilai deviasi optimal $\xi^* = 0.0349$. Dengan nilai $a_{BW} = 7$ (Consistency Index = 3.0), diperoleh Consistency Ratio (CR) sebesar 0.0116. Nilai CR yang sangat mendekati angka 0 (jauh di bawah batas toleransi 0.25) membuktikan bahwa preferensi perbandingan pakar memiliki tingkat konsistensi logis yang sangat sempurna.

3.2 Identifikasi Alternatif Inisiatif Smart Campus

Terdapat 8 alternatif inisiatif proyek infrastruktur yang diajukan dalam roadmap pengembangan:

Tabel 3. Inisiatif Alternatif Pengembangan Infrastruktur Smart Campus

Kode	Nama Inisiatif Proyek Smart Campus	Estimasi Biaya (C5)
A1	Pembangunan Jaringan Wi-Fi 6 Berkecepatan Tinggi Seluruh Kampus	Rp 750.000.000
A2	Penerapan Next-Generation Firewall & Security Operations Center (SOC)	Rp 850.000.000
A3	Modernisasi Smart Classroom Berbasis Interactive Display & IoT	Rp 620.000.000
A4	Implementasi Hybrid Cloud Data Center dan Disaster Recovery	Rp 980.000.000
A5	Integrasi SuperApp Akademik Kampus (Mobile Academic Portal)	Rp 450.000.000
A6	Instalasi Sistem Monitoring Energi Gedung dan Sensor Smart Lighting	Rp 380.000.000
A7	Penerapan Sistem Presensi Otomatis Biometrik Terpusat	Rp 320.000.000
A8	Pembangunan Laboratorium Virtual Reality & High-Performance Computing	Rp 890.000.000

3.3 Matriks Evaluasi Kinerja dan Penentuan Nilai Ideal

Setiap alternatif dinilai kinerjanya pada kriteria kualitatif-kuantitatif (skala 0-100 untuk C1-C4 dan nilai rupiah nominal untuk C5) oleh tim auditor sistem informasi.

Tabel 4. Matriks Keputusan Evaluasi Kinerja Alternatif

Kode	Inisiatif Proyek	C1	C2	C3	C4	C5 (Juta Rp)
A4	Implementasi Hybrid Cloud Data Center dan Disaster Recovery	88	92	82	94	Rp 980 Jt
A5	Integrasi SuperApp Akademik Kampus (Mobile Academic Portal)	84	88	72	95	Rp 450 Jt
A2	Penerapan Next-Generation Firewall & Security Operations Center (SOC)	85	96	70	82	Rp 850 Jt
A1	Pembangunan Jaringan Wi-Fi 6 Berkecepatan Tinggi Seluruh Kampus	92	85	75	88	Rp 750 Jt
A7	Penerapan Sistem Presensi Otomatis Biometrik Terpusat	78	84	80	86	Rp 320 Jt
A8	Pembangunan Laboratorium Virtual Reality & High-Performance Computing	86	82	78	80	Rp 890 Jt
A3	Modernisasi Smart Classroom Berbasis Interactive Display & IoT	80	78	88	85	Rp 620 Jt
A6	Instalasi Sistem Monitoring Energi Gedung dan Sensor Smart Lighting	70	75	95	78	Rp 380 Jt

Berdasarkan matriks keputusan di atas, ditentukan solusi ideal positif (f_i^+) dan solusi ideal negatif (f_i^-):

1. Kriteria C1: $f1^* = 92$, $f1^- = 70$
2. Kriteria C2: $f2^* = 96$, $f2^- = 75$
3. Kriteria C3: $f3^* = 95$, $f3^- = 70$
4. Kriteria C4: $f4^* = 95$, $f4^- = 78$
5. Kriteria C5 (Cost): $f5^* = 320$ Juta Rp, $f5^- = 980$ Juta Rp

3.4 Hasil Pemeringkatan VIKOR dan Pengujian Solusi Kompromi

Perhitungan nilai utilitas kelompok (S_j), ukuran penyesalan individu (R_j), dan indeks kompromi VIKOR (Q_j) dilakukan dengan parameter bobot $v = 0.50$.

Tabel 5. Hasil Pemeringkatan Lengkap Menggunakan Metode VIKOR

Rank	Kode	Inisiatif Proyek Smart Campus	S_j (Utility)	R_j (Regret)	Q_j (Index)	Status Solusi
1	A4	Implementasi Hybrid Cloud Data Center dan Disaster Recovery	0.2542	0.0731	0.0000	Solusi Kompromi Terpilih
2	A5	Integrasi SuperApp Akademik Kampus (Mobile Academic Portal)	0.3621	0.1462	0.2152	Kandidat Alternatif 2
3	A2	Penerapan Next-Generation Firewall & Security Operations Center (SOC)	0.4129	0.1601	0.2834	-
4	A1	Pembangunan Jaringan Wi-Fi 6 Berkecepatan Tinggi Seluruh Kampus	0.4367	0.2010	0.3708	-
5	A7	Penerapan Sistem Presensi Otomatis Biometrik Terpusat	0.5470	0.2193	0.4998	-
6	A8	Pembangunan Laboratorium Virtual Reality & High-Performance Computing	0.6427	0.2558	0.6451	-
7	A3	Modernisasi Smart Classroom Berbasis Interactive Display & IoT	0.6317	0.3289	0.7528	-
8	A6	Instalasi Sistem Monitoring Energi Gedung dan Sensor Smart Lighting	0.8076	0.3837	1.0000	-

Berdasarkan hasil pemeringkatan Tabel 5, alternatif A4 (Implementasi Hybrid Cloud Data Center dan Disaster Recovery) menempati peringkat pertama dengan nilai $Q_j = 0.0000$. Untuk memvalidasi apakah A4 sah menjadi solusi kompromi tunggal, dilakukan pengujian terhadap dua syarat VIKOR:

1. Pengujian Kondisi 1 (Acceptable Advantage): Nilai ambang batas DQ dihitung melalui rumus $DQ = 1 / (m - 1) = 1 / (8 - 1) = 0.1429$. Selisih nilai Q antara peringkat kedua (A5) dan peringkat pertama (A4) adalah $Q(A5) - Q(A4) = 0.2152 - 0.0000 = 0.2152$. Karena $0.2152 \geq 0.1429$, maka Kondisi 1 TERPENUHI secara mutlak.

2. Pengujian Kondisi 2 (Acceptable Stability in Decision Making): Alternatif A4 terbukti menempati peringkat pertama pada ukuran utilitas kelompok S_j ($S_4 = 0.2542$) serta menempati



peringkat pertama pada ukuran penyesalan individu R_j ($R_4 = 0.0731$). Dengan demikian, Kondisi 2 TERPENUHI secara sempurna.

Karena kedua kondisi kompromi terpenuhi, maka A4 ('Implementasi Hybrid Cloud Data Center dan Disaster Recovery') ditetapkan secara sah sebagai solusi kompromi optimal tunggal.

3.5 Analisis Sensitivitas dan Implikasi Manajerial

Temuan penelitian ini memberikan arahan strategis yang sangat bernilai bagi pimpinan perguruan tinggi. Sering kali, pengambil keputusan tergoda untuk memprioritaskan proyek yang berorientasi langsung pada tampilan pengguna akhir (seperti aplikasi mobile portal A5 atau ruang kelas pintar A3). Namun, integrasi BWM-VIKOR membuktikan bahwa tanpa fondasi pusat data komputasi awan yang andal dan mekanisme pemulihan bencana (Disaster Recovery) yang tangguh (A4), seluruh inisiatif digital di lapisan atas berada dalam risiko kelumpuhan total akibat pemadaman listrik, kegagalan perangkat keras, atau serangan siber.

Kombinasi A4 di peringkat pertama disusul oleh integrasi SuperApp Akademik (A5) di peringkat kedua ($Q = 0.2152$) dan penguatan sistem keamanan SOC/Next-Gen Firewall (A2) di peringkat ketiga ($Q = 0.2834$) membentuk roadmap bertahap yang paling rasional: memperkuat infrastruktur backbone dan data center terlebih dahulu, menyatukan aplikasi portal layanan mahasiswa, serta memitigasi celah intrusi keamanan siber kampus secara simultan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pendukung keputusan penentuan prioritas pengembangan infrastruktur Smart Campus menggunakan integrasi metode Best Worst Method (BWM) dan VIKOR. Metode BWM terbukti sangat efisien dan konsisten dalam membobotkan kriteria keputusan, di mana kriteria Keamanan Data & Privasi Siber (C2) dinobatkan sebagai kriteria terpenting (bobot 38.37%), disusul Keandalan & Kapasitas Layanan (20.93%) dan Dampak Pengalaman Pengguna (20.93%), dengan rasio konsistensi $CR = 0.0116$. Peningkatan VIKOR secara meyakinkan menetapkan 'Implementasi Hybrid Cloud Data Center dan Disaster Recovery' (A4) sebagai solusi kompromi terbaik tunggal (skor $Q = 0.0000$) yang memenuhi uji Acceptable Advantage dan Acceptable Stability. Model ini terbukti mampu mengeliminasi bias subjektivitas manajerial dan menyajikan rekomendasi investasi teknologi yang transparan, akuntabel, dan berlandaskan justifikasi multikriteria yang kuat bagi perguruan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, Z., & Karim, M. A. (2021). Multi-criteria decision analysis for cloud computing adoption in academic institutions: A comparative study. *Journal of Educational Technology Systems*, 50(2), 189–211. <https://doi.org/10.1177/00472395211032890>
- Al-Nasrawi, S., Adams, C., & El-Zaart, A. (2020). A holistic smart campus model: Evaluating technological capabilities and academic performance. *International Journal of Information Management*, 51, 102041. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102041>
- Amiri, M., Hashemi-Tabatabaei, M., Ghahremanloo, M., Keshavarz-Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., & Banaitis, A. (2021). A new fuzzy BWM-VIKOR approach for evaluating and selecting sustainable building materials. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125867. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125867>



- Badi, I., & Kridish, M. (2020). Landfill site selection using a combination of Best-Worst Method (BWM) and VIKOR approach in Tripoli, Libya. *Decision Science Letters*, 9(1), 103–114. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2019.9.001>
- Budiman, A., & Widiyanto, E. (2022). Perancangan enterprise architecture smart campus berbasis TOGAF ADM pada perguruan tinggi swasta. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 12(1), 45–54. <https://doi.org/10.21456/vol12iss1pp45-54>
- Guo, S., & Zhao, H. (2017). Fuzzy best-worst multi-criteria decision-making method and its applications. *Knowledge-Based Systems*, 121, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2017.01.010>
- Haseli, G., Sheikh, R., & Sana, S. S. (2020). A base-criterion on distance-based approach for multi-criteria decision-making: Application to smart city evaluation. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 19(06), 1643–1678. <https://doi.org/10.1142/S021962202050041X>
- Kosasih, W., Doaly, C. O., & Salomon, L. L. (2021). Integrasi BWM dan VIKOR untuk pemilihan vendor teknologi informasi pada institusi pendidikan. *Jurnal Teknik Industri*, 23(2), 133–144. <https://doi.org/10.22219/JTIUMM.Vol23.No2.133-144>
- Kumar, S., & Garg, R. (2022). Prioritizing smart campus technologies using an integrated MCDM framework: An institutional perspective. *Sustainable Cities and Society*, 81, 103848. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103848>
- Minashkin, V., & Haas, R. (2021). A comprehensive review of the Best Worst Method (BWM): Advancements and applications in decision making. *Expert Systems with Applications*, 183, 115410. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115410>
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Pratama, I. P. A. E., & Sasmita, I. N. A. (2021). Audit tata kelola teknologi informasi smart campus menggunakan kerangka kerja COBIT 2019. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 10(2), 85–96. <https://doi.org/10.23887/janapati.v10i2.33890>
- Rahman, M. A., & Santoso, B. (2023). Analisis kesiapan infrastruktur TIK dalam implementasi smart campus: Pendekatan multi-criteria decision making. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 7(3), 567–574. <https://doi.org/10.29207/resti.v7i3.4981>
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega: The International Journal of Management Science*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>
- Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega: The International Journal of Management Science*, 64, 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001>
- Sari, R. P., & Hartanto, R. (2022). Penentuan prioritas mitigasi risiko keamanan informasi menggunakan metode VIKOR. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 9(4), 789–798. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022944711>
- Setiawan, D., & Hidayat, N. (2020). Sistem pendukung keputusan pemilihan penyedia layanan disaster recovery center menggunakan metode AHP dan VIKOR. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(8), 2631–2639.
- Yusuf, M., & Kurniawan, D. (2023). Implementasi hybrid cloud pada perguruan tinggi: Evaluasi ketersediaan layanan dan efisiensi biaya. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 19(1), 23–32. <https://doi.org/10.17529/jre.v19i1.29871>